This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

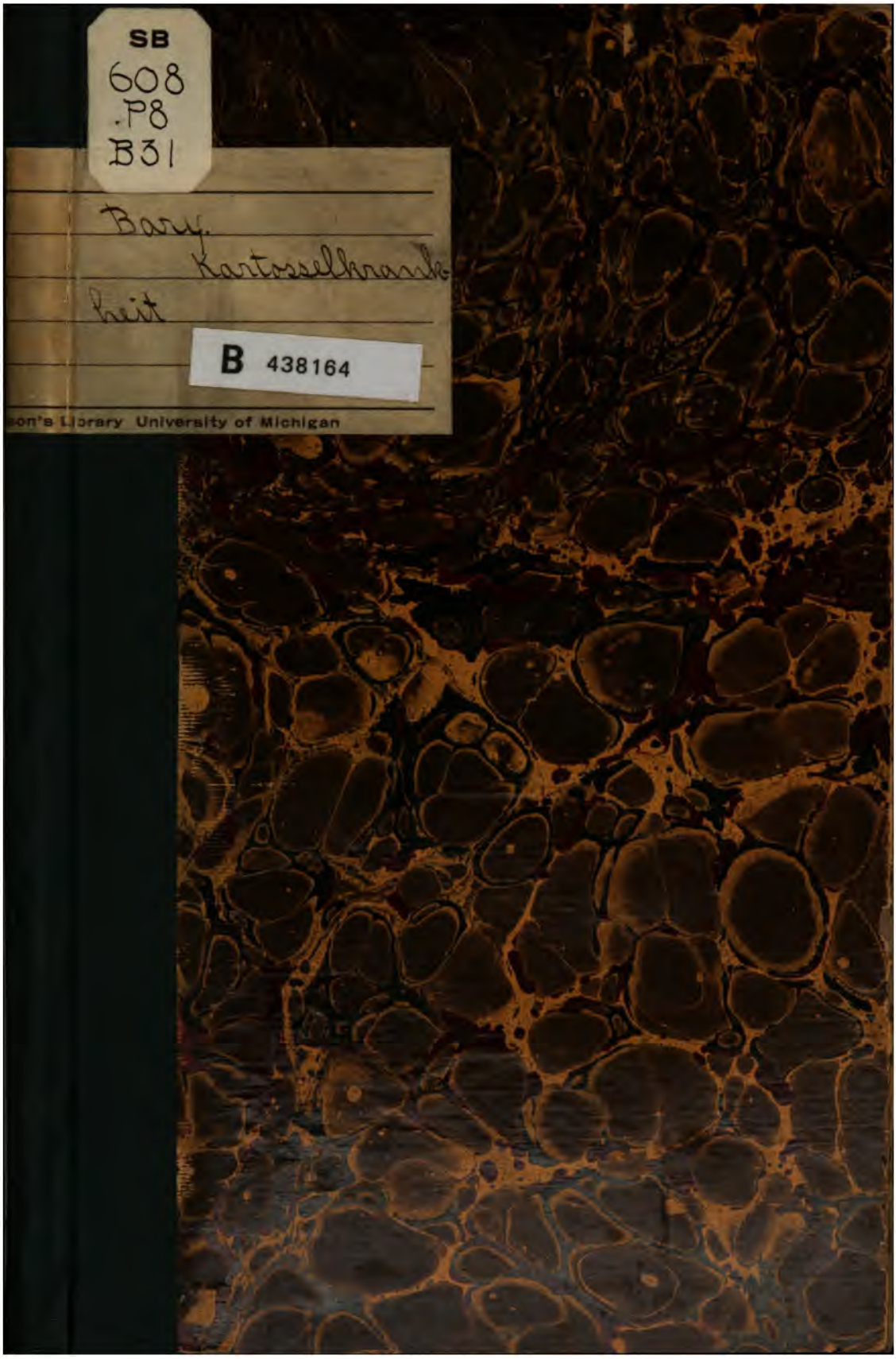
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

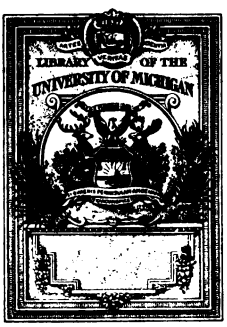
SB
608
.P8
B31

Bary.
Kartoffelkrank-
heit

B 438164

son's Library University of Michigan





FROM THE LIBRARY OF
Professor Karl Heinrich Rau
OF THE UNIVERSITY OF HEIDELBERG
PRESENTED TO THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
BY
Mr. Philo Parsons
OF DETROIT
1871

SB
608
.P8
B31

E. 43.

Die

PARSONS LIBRARY University of MICHIGAN

gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit,

ihre Ursache und ihre Verhütung.

Eine pflanzenphysiologische Untersuchung

in allgemein verständlicher Form dargestellt

von

Dr. A. de Bary,
Professor der Botanik zu Freiburg i. B.

Mit einer Steindrucktafel.

Leipzig,
A. Förstner'sche Buchhandlung.
(Arthur Felix.)
1861.

Die

PARSONS LIBRARY
University of
MICHIGAN

gegenwärtig herrſchende Kartoffelkrankheit,

ihre Urſache und ihre Verhütung.

Eine pflanzenphyſiologiſche Unterſuchung

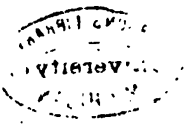
in allgemein verſtändlicher Form dargeſtellt

von

Dr. Anton de Bary,
Profeſſor der Botanik zu Freiburg i. B.

Mit einer Steindrucktafel.

Leipzig,
A. Förſtner'ſche Buchhandlung.
(Arthur Felix.)
1861.



Inhalt.

I. Einleitung. Erscheinungen der jetzt herrschenden Kartoffelkrankheit im Großen. Ansichten über ihre Ursachen. Bezeichnung der zu lösenden Fragen.

II. Die Erkrankung des Krautes (Blätter, Stengel, Früchte) wird verursacht durch einen Schmarotzerpilz, Peronospora infestans. Allgemeine Erörterungen über Parasiten und Pilze. Structur des Kartoffelblatts. Bau und Entwickelung der Peronospora. Verschiedene Ansichten über ihre ursächlichen Beziehungen zur Blattkrankheit. Entscheidende Versuche.

III. Die Krankheit der Knollen. Ansichten über ihre Ursache. Sie wird durch die eingedrungene Peronospora unmittelbar erzeugt. Experimenteller Beweis. Nachweisbarkeit des Pilzes in jeder kranken Kartoffel. Ansteckung gesunder Knollen durch kranke.

IV. Wie überwintert der Pilz und wie gelangt er zuerst auf den Acker? Ueberwinterung von Sporangien und Sporen unerwiesen. Genetischer Zusammenhang der Peronospora mit den Schimmelbildungen auf faulenden Knollen nicht vorhanden. Unschädlichkeit der letzteren. Die auf wildwachsenden Pflanzen lebenden Arten von Peronospora sind von P. infestans specifisch verschieden und bringen nicht in die Kartoffelpflanze. Der Parasit überwintert in den Knollen. Seine massige Verbreitung erklärt sich, auch wenn nur kleine Spuren in den Acker gebracht sind, vollständig.

V. Uebereinstimmung der im Großen beobachteten Witterungs- und Bodeneinflüsse mit den geschilderten Versuchsresultaten. Verschiedene Krankheitsdisposition verschiedener Sorten. Unhaltbarkeit der Ansichten von einer Entartung der Kartoffelpflanze. — Vaterland und Einschleppung der Peronospora infestans. Zerstörung und Fernhaltung derselben und Verhütung der Krankheit.

Einige wichtigere Schriften über die Kartoffelkrankheit.

Erklärung der Tafel.

I.

Die vorliegende kleine Schrift hat den Zweck über die Ursachen einer Erscheinung Licht zu verbreiten, welche besonders in den letzten zwanzig Jahren allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zog, allgemeine Sorge und Noth verbreitete, weil sie in einem Mißrathen der Kartoffel, derjenigen Feldfrucht besteht, welche binnen kaum mehr als einem Jahrhundert den Bewohnern gemäßigter Klimate eine wichtige, wo nicht unentbehrliche Nahrungsquelle geworden ist. Auf die Bedeutsamkeit der Kartoffelkrankheit, wie wir diese Erscheinung kurzweg zu nennen pflegen noch besonders aufmerksam zu machen, wäre den einem jeden bekannten Erfahrungen gegenüber ein überflüssiges Beginnen, und wäre es erforderlich, so würde ein Hinweis auf die binnen kurzer Zeit massenhaft angewachsene Litteratur über den Gegenstand dafür genügen.

Wer der Entwicklung dieser Litteratur und den darin niedergelegten Ansichten nur einigermaßen unbefangen gefolgt ist, dem kann es nicht entgangen sein, daß trotz den vielseitigsten Bemühungen, unsere Kenntniß von den Ursachen des Uebels, auf welche allein eine vernünftige Methode zu seiner Verhütung gebaut werden kann, eine mangelhafte und unklare geblieben ist. Die Einen, und dazu gehören besonders einige sehr verdienstvolle Beobachter aus der Zeit des ersten massenhaften Auftretens der Krankheit, gestehen ihre Zweifel offen ein, Andere behaupten die wahre Ursache gefunden zu haben, allein während die Erscheinungen um welche es sich handelt die gleichen sind, gehen die Erklärungen und die Angaben des einzig wahren Grundes nach den verschiedensten Richtungen auseinander.

Solchen Thatsachen gegenüber befindet sich der Verfasser einer neuen Schrift über die Sache in einer übeln Stellung; er läuft Gefahr unbeachtet zu bleiben oder wegen seiner Vermessenheit oder Verblendung, die ihn glauben gemacht gefunden zu haben was so vielen entgangen oder zweifelhaft geblieben ist, gar belacht zu werden. Jedenfalls ist er schon im eigenen Interesse zu der Angabe der Gründe verpflichtet, welche ihn veranlassen der vorhandenen Fluth einen neuen Tropfen hinzuzufügen. Ich

glaube dieser Verpflichtung am besten dadurch zu genügen, daß ich kurz angebe wie die vorliegende Arbeit entstanden ist. Versuche, welche Dr. Speerschneider im Jahre 1857 veröffentlicht hat, schienen der Erkrankung der Kartoffelknollen eine durchaus neue, sehr bestimmte und einfache Erklärung zu geben und zugleich Kraut- und Knollenkrankheit auf ein- und dieselbe Ursache zurückführen. Die sehr verschiedenen, theils bestätigenden, theils verwerfenden Beurtheilungen, welche Speerschneiders Versuche von anscheinend competenten Kritikern erfuhren, veranlaßten mich dieselben bei Gelegenheit ausgedehnterer Untersuchungen über Pflanzenkrankheiten und Schmarotzergewächse zu wiederholen und zu prüfen. Das Resultat war einerseits volle Bestätigung des Hauptsatzes von Speerschneider, andrerseits Gewinnung einer Reihe neuer Thatsachen, welche geeignet sind eine Anzahl bisher berechtigter Zweifel über die Ursachen der Krankheit zu heben. Es hat sich somit in Folge der Speerschneiderschen Versuche eine ganz bestimmte Erklärung des ursächlichen Zusammenhanges aller Krankheitserscheinungen ergeben, von deren Richtigkeit sich Jedermann durch einige einfache Versuche leicht überzeugen kann, es hat sich ein vollständiges Bild des ganzen Krankheitsverlaufes, an dem es bisher ganz besonders fehlte, herausgestellt, und damit läßt sich der Weg zu beträchtlicher Milderung des Uebels sicher finden, wenn auch eine vollständige Verhütung und Ausrottung desselben, wie gerade die genauere Kenntniß der Sache lehrt, schwer und jedenfalls nur langsam möglich werden wird.

Bei solchem Sachverhalt ist nun, wie ich glaube, der Fachmann geradezu verpflichtet das Seinige zu thun um über einen Gegenstand von so hoher Bedeutung dem großen Kreise der dabei Betheiligten Aufklärung zu geben. Er ist es um so mehr, je größer die Masse der vorhandenen Litteratur, die Zahl einander in jeder Weise widersprechender Ansichten und Rathschläge ist, und ganz besonders gegenüber einigen mit großen Ansprüchen auftretenden, den Gegenstand aber in musterhaft ungründlicher Weise behandelnden Arbeiten von Botanikern, deren Autorität wenigstens bei Anfängern und Laien gegenwärtig in großem Ansehen steht.

Aus diesen Gründen lege ich diese Schrift dem Publikum vor. Sie soll keineswegs eine vollständige Monographie sämmtlicher Erkrankungen der Kartoffelpflanze, oder auch nur eine vollständige Beleuchtung aller bei der in Rede stehenden Krankheit im Betracht kommenden, zumal ökonomischen Fragen liefern; diese sind vielmehr, soweit sie durch bisherige Arbeiten ihre Erledigung gefunden haben, absichtlich unberücksichtigt geblieben, ich habe mich nur an die Hauptaufgabe gehalten: Darstellung der gegenwärtigen Kartoffelkrankheit, ihrer Ursache, ihres Verlaufes und des Weges zu ihrer Verhütung. In der Form der Darstellung habe ich mich bemüht,

möglichst allgemein, zumal dem gebildeten Landwirthe verständlich zu sein, ohne dabei die wissenschaftliche Genauigkeit aufzugeben. Für die hieraus nothwendig folgenden Ungleichheiten in der Ausführung erbitte ich die gütige Nachsicht des Lesers; des Fachmannes wenn ich für ihn zuweilen zu ausführlich oder abschweifend bin; des Nichtbotanikers wenn ich ihm zu sehr in Einzelheiten einzugehen scheine, ohne deren genaue Berücksichtigung ja aber ein allgemeines Resultat nicht sicher gestellt und Keinem vollständig klar gemacht werden kann.

Wenn heutzutage von Krankheit der Kartoffelpflanze die Rede ist, so muß jeder zunächst an diejenige Form der Erkrankung oder Verderbniß denken, welche seit Anfang der vierziger Jahre, zumal seit 1845 epidemisch in fast allen kartoffelbauenden Ländern aufgetreten ist, je nach den Jahren in verschiedener Heftigkeit und Verderblichkeit, und von deren Erscheinungen fast ein jeder Leser aus unzähligen Beschreibungen und aus eigener Anschauung ein deutliches Bild erhalten hat.

Diese gegenwärtig herrschende Kartoffelepidemie, die Fäule des Kartoffelkrautes und die Knollenfäule, oder, wie sie Julius Kühn in seinem trefflichen Buche*) über die Krankheiten der Culturgewächse bezeichnet, die Blattkrankheit und Zellenfäule der Kartoffel soll ausschließlich den Gegenstand der vorliegenden Arbeit bilden. Seitdem gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts der Kartoffelbau im Großen über Europa verbreitet wurde, hat man eine Reihe verschiedenartiger und in verschiedener Ausdehnung aufgetretener Erkrankungen unserer Culturpflanze wahrgenommen. So die seit 1770 in England, Deutschland, Frankreich verheerende, seit Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts seltner gewordene Kräuselkrankheit; so die Trockenfäule oder Stockfäule, welche seit 1830, wo sie in der Eifel wüthete, in Deutschland gefürchtet war, und in neuerer Zeit selten geworden zu sein scheint. Wenn es gleich schwer ist nach den vorhandenen Angaben und Beschreibungen nachträglich bestimmt zu entscheiden, in wieweit die unter diesen Namen zusammengefaßten Krankheiten vielleicht theilweise mit der gegenwärtigen verwechselt wurden, so ist doch kein Zweifel, daß die typischen Formen dieser Erkrankungen von der in Rede stehenden bestimmt verschieden sind. Hie und da beobachtet man ferner Abnormitäten der Knollen, welche als Pocken, Schorf, Grind bezeichnet werden, Erscheinungen des Durchwachsens, des Verderbens durch Bodennässe (Ersäufung). Alle diese Erscheinungen sind von der gegenwärtigen Betrachtung ebensosehr ausgeschlossen, wie zufälliges

*) Die Krankheiten der Culturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung. 2. Aufl. Berlin 1859.

Eintreten von Fäulniß und Verderben, das im Keller oder auf dem Acker durch beliebige Ursachen vorkommen kann. Es ist ausdrücklich hervorzuheben, daß es sich für uns um eine durch sehr bestimmte Symptome an Kraut und Knollen scharf characterisirte Art der Erkrankung handelt. Aus der vorhandenen Litteratur und aus der Erfahrung jedes Einzelnen geht aber unzweifelhaft hervor, daß diese so sehr die seit etwa 20 Jahren herrschende ist, daß sie seit dieser Zeit jedenfalls der weitaus überwiegenden Mehrzahl von Fällen eines Verderbens oder Mißrathens der Kartoffel zum Grunde liegt. Sie bedingt vielleicht immer das massenhafte Schwarzwerden, vorzeitige Absterben des Krautes, und daß sie das Mißrathen der Knollen wenigstens in den allermeisten Fällen bewirkt, dafür mag der Umstand sprechen, daß mir während meiner Untersuchungen auf die Bitte um Uebersendung kranker Kartoffeln, ohne daß ich die Krankheit irgend näher bezeichnet hätte, aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands die verschiedensten Kartoffelsorten zugeschickt wurden, und unter allem diesen Material kaum einmal eine vereinzelte Knolle andere, als die für die bezeichnete Epidemie characteristischen Verderbnißerscheinungen gezeigt hat.

Wenngleich die Symptome, durch welche diese Krankheit ausgezeichnet ist, soweit sie sich im Großen manifestiren schon oft genug beschrieben worden sind, so mag es doch der sicheren Unterscheidung wegen nicht überflüssig sein eine nochmalige kurze Schilderung derselben den Untersuchungen über die Ursachen vorauszuschicken.

Die Krankheit macht sich zuerst bemerklich durch das Auftreten der Krautverderbniß, das Schwarzwerden und vorzeitige Absterben des Krautes. An demselben treten je nach den Jahren früher oder später, von der zweiten Hälfte des Juni bis Mitte Juli, kleine braune Flecken auf den Blättern auf, zunächst auf einzelne Stöcke des Ackers und auf einzelne Fiederblättchen derselben beschränkt. Je feuchter die Witterung und die Lage des Feldes, um so schneller wächst die Häufigkeit der Flecken und die Ausdehnung der vorhandenen; zuletzt sind die ganzen befallenen Blättchen schmutzig braun, unregelmäßig gekraust und geschrumpft. Später finden sich braune Flecke auch an den Blattstielen, an dem Stengel, zumächst meist dicht unterhalb der letzteren, bald auch an anderen Stellen. Endlich ist das ganze Kraut schwarzbraun, welk, abgestorben, vertrocknet wenn die umgebenden Medien wasserarm, faulend unter widerlichem Geruch wenn die Umgebung feucht ist. Es ist hinreichend bekannt, wie sich die Erscheinung bei ungünstigem Wetter oft mit reißender Schnelligkeit über große Strecken ausbreitet, wie oft plötzlich alles Kraut eines Ackers schwarz und abgestorben dasteht, ganze Fluren in wenigen Tagen ihren grünen Laubschmuck verloren haben.

Nicht selten bleibt es bei dieser Krautverderbniß, bei diesem ersten Stadium gleichsam der Krankheit. Der Ernteertrag ist zwar ohne Zweifel geringer als er unter den gleichen Vegetationsbedingungen bei gesundem Kraute gewesen wäre, denn durch das Absterben des letzteren sind der Pflanze Organe verloren gegangen deren Thätigkeit für die Bildung und Ausbildung der Knollen jedenfalls von höchster Bedeutung ist, weil durch sie die Verarbeitung der aufgenommenen Nahrung geschieht. Aber bei alledem sind die geernteten Knollen oft völlig oder doch größtentheils gesund und brauchbar. In anderen Fällen dagegen, und diese sind eben die gefürchtetsten, findet sich an den Knollen von den laubverdorbenen Aeckern die Erscheinung der Fäule (Zellenfäule) in verschiedener Häufigkeit. An der Schale der frisch aus dem Boden genommenen Knollen erkennt man zunächst mißfarbige, im Allgemeinen schmutzig braune Flecken von verschiedener Größe, denen meist ein leichtes Eingesunkensein der Oberfläche entspricht. Schneidet man die Knolle durch, so findet sich an diesen Stellen das zunächst unter der Schale gelegene Gewebe in eine Tiefe, welche anfangs meist eine Linie nicht überschreitet, intensiv braun gefärbt, das übrige noch gesund. Schreitet das Verderben weiter fort, so verbreitet sich die Bräunung des oberflächlichen Gewebes sammt den Veränderungen, welche schon von außen bemerkbar sind weiter und weiter über den Umfang der Knolle; die Bräunung tritt hie und da tiefer ins Innere derselben ein, zuletzt beginnt die Zersetzung auch des nicht braun gewordenen Gewebes, welches sich entweder in eine jauchige stinkende Masse verwandelt: nasse Fäule, oder zu einer bröckeligen, von zahlreichen Lücken und Rissen durchsetzten Masse zusammenschrumpft: trockene Fäule, je nachdem die kranken Knollen feucht oder trocken gehalten worden waren. Mit dem Eintritt der Fäulniß, zumal der trockenen, beginnt an der Oberfläche der Knollen das Auftreten von Schimmelbildungen, die meist in Form von weißen verschieden großen Polstern die Schale durchbrechen und je nach ihrer Fructification späterhin meist gelbliche oder rostrothe, seltener rosenfarbige oder blaugraue Farbe annehmen. Endlich wird zumal die trockenfaule Knolle sehr oft thierischen Gästen, Milben, Tausendfüßen u. s. w. zur Beute.

So wenig Zweifel über diese für unsere Kartoffelkrankheit characteristischen Erscheinungen bestehen und bestehen können, so abweichend von einander sind die Ansichten, welche über ihre Ursache selbst von den Tüchtigsten ausgesprochen worden sind, und es ist die Frage nach derselben als bis jetzt durchaus unentschieden zu betrachten.

Unter den Meinungen, welche auf wissenschaftliche Begründung und Berücksichtigung Anspruch machen können, betrachten zunächst die Einen,

gestützt auf das häufige Gesundbleiben der Knollen bei verdorbenem Kraute, die Laub- und Knollenkrankheit als durchaus von einander unabhängige Erscheinungen, während die Andern einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden, beide als verschiedene Stadien eines und desselben Krankheitsprocesses annehmen. Mehr oder minder unabhängig von dieser Grundverschiedenheit der Anschauungsweise gehen die einzelnen Erklärungsversuche auseinander, sei es für die Krankheiten des Laubes oder der Knollen, oder beider Theile zusammen. Die Ansichten, welche in dieser Richtung aufgestellt worden sind lassen sich in drei Hauptgruppen zusammenstellen. Erstens solche, welche in rein äußern oft localen Ursachen nämlich in ungünstigen Wärme- und Feuchtigkeitszuständen von Luft und Boden oder in nachtheilige Mischung der Bodenbestandtheile, zumal fehlerhafte Düngung den Grund des Uebels setzen. Zweitens diejenigen, nach welchen eine Entartung der Kartoffelpflanze Ursache der Krankheit ist, mag sie, wie Schleiden will, durch fortgesetzte Cultur und damit allmählich eingeschlichene krankhafte Ernährung, gleichsam Ueberfütterung bei der Kartoffelpflanze wie bei anderen Culturgewächsen eintreten, oder, wie besonders Jessen behauptet, als eine Art Altersschwäche solche Pflanzen ergreifen, welche lange Zeit hindurch mittelst ungeschlechtlicher Vermehrung, durch Knollen, Ableger u. s. w. fortgepflanzt werden, also eine Kartoffelsorte um so mehr befallen, je länger ihre ungeschlechtliche Vermehrung bereits gedauert hat, d. h. je älter ihre Cultur ist.

Die dritte Ansicht sieht die Krankheitsursache in Schmarotzern, Parasiten, d. h. niederen Organismen, welche auf oder in gesunden lebenden Wesen leben, von der Substanz der letzteren sich ernähren, und dadurch eine Erkrankung ihres Wirthes oder Ernährers hervorbringen. Wenige und wenig berücksichtigenswerthe Meinungen sind dahin ausgesprochen worden, daß schmarotzende Thiere, zumal Blattläuse oder Milben die Ursache unserer Kartoffelkrankheit seien; zahlreiche Beobachter setzen dieselbe dagegen ganz oder theilweise in die Vegetation schmarotzender niederer (kryptogamischer) Pflanzen aus der Klasse der Pilze.

Um zwischen diesen verschiedenartigen Meinungen den richtigen Weg zu finden und ein bestimmtes Resultat über die wahre Ursache zu erhalten, kann es keine andere Methode geben, als eine möglichst genaue Untersuchung der einzelnen erkrankenden und erkrankten Theile; eine genaue Kenntniß derselben muß den Ausgangspunkt für jegliche Erklärung der Erscheinungen im Großen bilden. Es wird daher in Folgendem zuerst das Braunwerden des Krautes, dann die Knollenverderbniß speciell zu untersuchen sein und hieraus wird sich ergeben, inwieweit beide Erschei-

nungen abhängig oder unabhängig von einander, oder durch eine gemeinsame Urſache bedingt ſind.

II.

Die Frage nach dem Grunde des Fleckigwerdens und vorzeitigen Todes von Blättern, Stengeln und Früchten der Kartoffel wird von den meiſten Botanikern gegenwärtig dahin beantwortet, daß die nächſte Urſache in der Vegetation eines im Innern und auf Koſten des geſunden Gewebes dieſer Theile wachſenden mikroſkopiſchen Schmarotzerpilzes zu ſuchen iſt.

Derſelbe iſt 1845 zuerſt von Mad. Libert in einer politiſchen Zeitung (Organe des Flandres) unter dem Namen Botrytis devastatrix, bald darauf von Montagne als Botr. infestans in wiſſenſchaftlichen Zeitſchriften beſchrieben worden. Später wurde er in die Gattung Peronospora als P. infestans oder P. devastatrix geſtellt; er ſoll hier den Namen Peronospora infestans, als den nach wiſſenſchaftlichem Sprachgebrauch jedenfalls beſtbegründeten führen.*)

Es unterliegt in der That keinem Zweifel, daß der ausgeſprochene, oft behauptete, oft beſtrittene Satz ein unbeſtreitbar richtiger iſt, und die nachfolgenden Auseinanderſetzungen werden den Beweis dafür liefern. Um dieſelben einem Jeden vollkommen verſtändlich zu machen, wird es aber zweckmäßig ſein, einige allgemeine Bemerkungen über den Bau, die Vegetation und die Entſtehung der Pilze vorauszuſchicken.

Läßt man organiſche Subſtanzen, welche zu Zerſetzung geneigt ſind, z. B. Speiſen, Obſt frei an der Luft ſtehen, ſo werden ſie, wie allgemein bekannt, ſchimmelig: An ihrer Oberfläche tritt eine aus kleinen Pflänzchen gebildete eigenthümliche Vegetation auf, zunächſt in Form eines fein wolligen, meiſt weißen Ueberzugs, welcher ſich von dem Punkte ſeines erſten Auftretens aus ſtrahlig über die Oberfläche verbreitet, und von dem ſich dann bald größere oder kleinere aufrechte Fäden in großer Anzahl erheben, deren Enden graue, bläuliche, ſchwarze und andere Farben annehmen und

*) Eine vollſtändigere Aufzählung der dem Pilze zu verſchiedenen Zeiten beigelegten Namen (vgl. Montagne, Sylloge, p. 302, Caspary, Monatsber. d. Berliner Acad. Mai 55) iſt:

Botrytis devastatrix Libert a. a. O. B. infestans Montagne a. a. O. B. fallax Desmazières Crypt. de France. B. Solani Harting. Peronospora trifurcata Unger, Bot. Zeitg. 1847. P. Fintelmanni Caspary, Verhandl. d. preuss. Gartenbau-Vereins 1852. P. infestans Caspary in Rabenhorst, Herb. mycol. Nr. 1879, 1854. P. devastatrix Caspary, 1855.

dabei ein fein staubiges Ansehen erhalten. Bringt man ein Stück eines solchen Schimmels unter das Mikroskop, so zeigt sich, daß das weißwollige Fadengeflecht aus zarten verzweigten cylindrischen Fäden, oder richtiger Röhren besteht, welche von einer meist glashellen zarten Haut gebildet werden und einen farblosen, feinkörnig-trüben, zuweilen bläulich-glänzenden Inhalt (Protoplasma, Plasma genannt) führen, in welchem die chemische Untersuchung relativ reichliche Mengen stickstoffhaltiger Substanz nachweist. Das Innere des Fadens ist in der Regel durch Querwände in cylindrische Glieder, ringsum geschlossene Kammern oder Zellen abgetheilt, der ganze Faden also eine verzweigte Reihe cylindrischer Zellen; in seltneren Fällen fehlen die Querwände, der Faden stellt einen einzigen ungetheilten Schlauch dar, eine einzige schlauchförmige durch seitliche Ausfackungen oft reich verzweigte Zelle.

Diese Fäden, welche sich horizontal auf der Unterlage verbreiten, auch wohl in diese eindringen, sind die vegetativen, nahrungauffaugenden, späterhin die Fortpflanzungsorgane erzeugenden Organe des Schimmels; man bezeichnet sie mit dem Namen Mycelium. Jene später erscheinenden aufrechten, oben gefärbten und pulverigen entstehen als Zweige an dem Mycelium, haben mit ihm im wesentlichen den gleichen Bau und sind die Träger der Fortpflanzungsorgane der Pflanze, Fruchtzweige. Nach Beendigung ihres bald begrenzten Längenwachsthums bilden sie auf ihrer Spitze die den Samen blüthentragender Gewächse vergleichbaren Fortpflanzungsorgane, welche, wie die unten zu beschreibenden Fälle zeigen werden, je nach der einzelnen Art in sehr verschiedener Weise entstehen können, immer aber den einfachsten Bau zeigen, den wir bei den Organen lebender Wesen überhaupt kennen. Sie sind nämlich einfache Zellen, von einer Haut ringsumschlossene, flüssigen Inhalt führende Bläschen, und werden daher passend als Fortpflanzungszellen, Keimzellen, mit dem üblichen Kunstausdruck als Sporen bezeichnet. Ihre Gestalt ist meist kuglig, oval, länglich, ihre Größe sehr gering, dem bloßen Auge sind sie höchstens als feine Körnchen unterscheidbar, und da sie an den bezeichneten Orten meist in sehr großer Anzahl bei einander entstehen stellen sie zusammen jenes feinkörnige Pulver dar, welches den Schimmel im ausgebildeten Zustande meist bedeckt, und welches seine verschiedene Farbe durch die Färbung der Sporenhäute erhält.

Die Sporen besitzen die Fähigkeit unter günstigen Bedingungen zu keimen, d. h. zu neuen Myceliumfäden heranzuwachsen, wie dies weiter unten an dem Beispiele des Kartoffelpilzes selbst näher erläutert werden soll. Nur kurz angedeutet kann an diesem Orte werden, daß nicht selten eine und dieselbe Schimmelart, ja oft ein und derselbe Myceliumfaden zweierlei

bis mehrerlei einander in Gestalt, specieller Structur und Entstehung durchaus unähnliche Formen von Sporen tragen kann.

Die Schwämme, wie sie in Regenschirmgestalt auf Wald- und Gartenboden stehen, oder in Huf- und Hutform den Baumstämmen ansitzen, zeigen bei genauerer Untersuchung sehr ähnliche Zusammensetzung und Entwicklung wie die besprochenen Schimmel. Bei der Zergliederung findet man sie oft zeitlebens, immer wenigstens in der Jugend, aus zahlreichen verzweigten Fäden zusammengesetzt, deren Zweige an bestimmten Stellen Sporen bilden; die Entwicklungsgeschichte weist nach, wie die verschiedenen, hut- oder schirmförmig gestalteten Körper aus zahlreichen zusammentretenden Fäden eines Myceliums entstehen, welches dem des Schimmel in allen Stücken gleicht. Jedermann, der z. B. die Entwicklung oder die Cultur des gewöhnlichen eßbaren Champignon nur oberflächlich verfolgt hat, wird sich erinnern, wie dieser Schwamm aus einem flockigen, weißen, schimmelartigen Gewebe (Brut, Schwammweiß, blanc de champignon der Gärtner), welcher den Boden durchsetzt, hervorwächst. Der allgemeine Unterschied zwischen Schimmelarten und Schwämmen besteht nur darin, daß bei jenen die Fäden untereinander frei bleiben, höchstens gesellig und locker verflochten sind, während sie bei letzteren in großer Zahl, fest verflochten und verfilzt zu bestimmt gestalteten Körpern zusammentreten und heranwachsen.

Man kann sonach zur Veranschaulichung der Sache die Schwämme als Aggregate, gleichsam Colonien fest verbundener Schimmelindividuen bezeichnen, und es fehlt in der That nicht an Zwischenformen, bei denen man zweifelhaft sein kann, ob sie zu jener Gruppe gerechnet, oder als dicht verfilzte Anhäufungen noch selbständiger Schimmelindividuen betrachtet werden sollen.

Beiderlei Bildungen, einestheils jene einfachen, in den Schimmeln am meisten bekannten, anderntheils die Schwämme, machen zusammen die formenreiche Klasse der Pilze aus. Jene, denen außer den Schimmelarten im engern Sinne des Wortes noch eine Anzahl anderer, unten theilweise näher zu besprechender Gattungen angehört, bezeichnet man aus Gründen die sich aus eben Gesagtem von selbst ergeben, als einfache oder Fadenpilze, Haplomyceten, Hyphomyceten, auch Schimmelpilze kurzweg; letztere zerfallen in eine Anzahl Ordnungen, deren Betrachtung von dem Zwecke dieser Blätter zu weit entfernen würden.

Die Abtheilung der Pilze ist durch die angegebenen Eigenthümlichkeiten des Baues und der Entwicklung von vielen andern Gruppen niederer Gewächse gut unterschieden. Dazu kommt aber noch eine andere, in dem Ernährungsprocesse der hierhergehörigen Gewächse begründete Eigenschaft.

Allen Pilzen fehlt der die grüne Färbung unſerer Pflanzenwelt bedingende Farbſtoff, des Chlorophyll oder Blattgrün, und alle ſind zu ihrer Ernährung auf das Vorhandenſein vorgebildeter organiſcher Subſtanzen angewieſen.

Es iſt ohne Zweifel dem größten Theil der Leſer bekannt, daß die Pflanzenwelt im Großen nicht die zuletzt genannten, ſondern unorganiſche Stoffe zur Nahrung aufnimmt, und aus ihnen, d. h. aus den Beſtandtheilen des Waſſers, der Kohlenſäure, des Ammoniaks, welche ihr durch die atmoſphäriſche Luft und den Boden zugeführt werden, nebſt ſalpeterſauren Salzen und löslichen Mineralbeſtandtheilen, die ſie aus dem Boden erhält, die organiſchen, d. h. diejenigen Stoffe darſtellt, welche dem Pflanzen- und Thierkörper ausſchließlich eigen ſind und in der lebloſen Natur nicht entſtehen. Die chemiſchen Proceſſe, durch welche aus ſo einfachem Material wie das bezeichnete ſo complicirte Verbindungen wie Zucker, Stärke, Holzfaſer, Eiweiß u. ſ. w. bereitet werden, ſind uns noch ziemlich dunkel. Wohl aber wiſſen wir, daß der Sitz dieſer Proceſſe, die Werkſtätte, in der unorganiſche Stoffe in organiſche übergeführt werden, die grüngefärbten Pflanzentheile ſind, daß in dieſen unter der Einwirkung des Sonnenlichts, unter Aufnahme von Kohlenſäure aus der Luft und gleichzeitiger Abgabe von Sauerſtoff an letztere jedenfalls die erſten, gleichſam entſcheidenden Proceſſe zur Umſetzung unorganiſcher Subſtanz in Pflanzenbeſtandtheile geſchehen. Ohne dieſe Thätigkeit des grünen Laubs nützt der Pflanze alle Nahrung nichts, die ihr die Wurzeln aus dem Boden zuführen. Der bezeichnete Proceß der Stoffbildung und Ernährung iſt an das Vorhandenſein des grünen Farbſtoffes, des Chlorophylls gebunden, ſein Stattfinden durch dieſen angezeigt. Anders iſt es mit einer verhältnißmäßig kleinen Anzahl von Pflanzen, theils blüthentragenden, theils und beſonders den Pilzen. In ihnen wird ſtets das Chlorophyll vermißt, ihnen mangelt der durch Kohlenſäureaufnahme und Sauerſtoffabſcheidung bezeichnete Aſſimilationsproceß, und, in inniger Beziehung hierzu ſtehend, die Fähigkeit von den Nahrungsmitteln der übrigen Pflanzen zu leben. Sie bedürfen vorgebildeter, d. h. bereits durch andere Pflanzen zu irgend einer Zeit bereiteter organiſcher Subſtanzen zu ihrem Beſtehen, und daß dem ſo ſei kann man aus dem Mangel des Chlorophylls gleichſam ableſen. Der Mangel des Blattgrünes iſt daher als wichtiges Merkmal in die Characteriſtik der Pilze aufzunehmen; er bildet allein ein durchgreifendes Unterſcheidungsmerkmal zwiſchen ihnen und der als Conferven bezeichneten Abtheilung niederer Waſſergewächſe.

Die auf organiſche Stoffe angewieſenen Pflanzen, ſeien es blüthentragende höher organiſirte, ſeien es Pilze, laſſen ſich nach der Art ihrer

Nahrung in zwei, übrigens nicht überall scharf gesonderte Reihen ordnen. Die Einen entwickeln sich auf todten, abgestorbenen organischen Körpern, welche verwesen, und deren Verwesung sie durch ihren Vegetationsproceß unterhalten und befördern. Man kann diese Gewächse Fäulnißbewohner, Saprophyten nennen. Von höheren, blüthentragenden Pflanzen gehören wenige mit Bestimmtheit hierher, z. B. die Fichtenspargel, Monotropa Hypopitys und einige Orchideen, welche wie diese das modernde Laub und den Humus des Waldbodens bewohnen (Neottia, Corallorrhiza, Epipogum). Um so zahlreicher sind die fäulnißbewohnenden Pilze, wie Jeder weiß, der sich an die gewöhnlichen Schimmel, an das Heer der Schwämme erinnert, welche faules Holz, Laub des Waldbodens bewohnen.

Die der anderen Reihe bedürfen zu ihrer Erhaltung lebender Organismen, seien es Pflanzen oder Thiere, in welche sie eindringen, von deren Substanz sie sich ernähren, und auf deren Gesundheit sie natürlicher Weise in minderem oder höherem Grade störend einwirken, so daß ihre Entwicklung theilweise oder allgemeine Erkrankung und selbst Absterben des von ihnen befallenen und sie ernährenden Organismus zur Folge hat. Diese auf einen lebenden Nährorganismus angewiesenen Gewächse sind die Schmarotzerpflanzen, Parasiten im strengen und rechten Sinne des Wortes.

Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig hier daran zu erinnern, daß die Bezeichnung Parasiten nicht selten selbst von Solchen, die derartiges vermeiden sollten für Gewächse angewendet wird, welche eine solche Verdächtigung in keiner Weise verdienen. Auf den Rinden unserer Bäume sehen wir viele Moose und Flechten als constante Gäste auftreten, auf den Stämmen des Tropenwaldes oft eine ganze Vegetation stattlicher, reichbelaubter und prachtvoll blühender Pflanzen angehäuft, wie viele der unseren Gewächshäusern zur Zierde dienenden Aroideen und Orchideen und andere. Alle diese Gewächse hört man oft Parasiten nennen, aber sehr mit Unrecht; sie sind zum größten Theil Epiphyten, d. h. Pflanzen welche einfach auf, nicht von dem Baume leben, welcher sie gerade trägt, welche vielmehr ihre Nahrung mittelst Blättern und Wurzeln u. s. w. aus der umgebenden Luft ziehen und in dem Baume lediglich einen Stützpunkt suchen, den sie mit einem beliebigen andern vertauschen können. Die tropischen Orchideen gedeihen in unsern Häusern vortrefflich auf Kork- und Holzstücken, viele Flechten und Moose kommen ebenso gut auf Steinen, todtem Holz, selbst Eisenstäben und Glasscheiben vor, wie auf der Rinde lebender Bäume. Höchstens sind manche hierher gehörige Gewächse, wie wohl ein großer Theil der rindenbewohnenden Krustenflechten, Saprophyten, angewiesen

auf die Verwitterungsproducte der äußern für den Baum längst todten Borken- und Korklagen, zuweilen selbst auf die Verwitterungsproducte der Rinde ganz bestimmter Baumarten. Aber mit den ächten Schmarotzern dürfen diese Pflanzen nicht verwechselt werden, denn niemals ziehen sie wie diese ihre Nahrung aus den lebenden Organen der lebenden Pflanzen.

Wenige ächte Parasiten gehören in unseren gemäßigten Zonen der Klasse der blüthentragenden Gewächse an, während solcher in den wärmeren, besonders den tropischen Regionen eine große Zahl und Formenreihe vorkömmt. Doch sind immerhin unser Mistelstrauch, welcher so häufig Baumzweigen aufsitzt in denen er wurzelt, die Arten der Flachsseiden (Cuscuta) und Wurzelwürger (Orobanche), zumal der Hanfwürger (Orob ramosa) auch bei uns häufige und allgemein bekannte blühende Schmarotzerpflanzen. Die Mistel repräsentirt eine Reihe von Parasiten, welche durch ihr grünes Laub verrathen, daß sie wenigstens einen Theil der Nahrung, die sie der Nährpflanze entziehen, im rohen, unverarbeiteten Zustande aufnehmen und erst ihrerseits in organische Substanz verwandeln. Die anderen sind, wie der Mangel des Blattgrüns in allen ihren Theilen anzeigt, ausschließlich auf die von der Nährpflanze gebildeten organischen Stoffe angewiesen.

Ueberaus groß ist dagegen auch in unseren Gegenden die Zahl der parasitischen Pilze, überaus mannigfaltig die Formen in denen sie auftreten, die Wege ihrer Entwicklung. Viele, zumal niedere, der Klasse der Insecten angehörige Thiere, die meisten sowohl wildwachsenden als cultivirten Pflanzen werden von ihnen bewohnt, oft ernährt ein und dieselbe Pflanze eine ganze Anzahl derselben. Es hat diese schmarotzende Vegetation ihr vollkommenes Analogon im Thierreiche in der reichen, mannigfaltigen Reihe der parasitischen Eingeweidewürmer, Läuse, Milben u. s. f., von denen die wenigen allgemein bekannten, welche den Menschen und die Hausthiere bewohnen, nur ganz vereinzelte Repräsentanten sind.

Es kann hier nicht beabsicht werden, auf die Schilderung der parasitischen Pilze überhaupt einzugehen. Eine Uebersicht der bis jetzt von ihnen bekannten Lebenserscheinungen gedenke ich demnächst an einem anderen Orte zu geben, einzelne für den Zweck dieser Schrift wesentliche Verhältnisse werden weiter unten besprochen werden. Diejenigen, welchen um die Kenntniß der unsere Culturpflanzen bewohnenden zu thun ist und welche nicht die hierher gehörige Speciallitteratur verfolgen wollen, verweise ich auf die vortrefflichen Darstellungen in J. Kühn's oben angeführtem Buche. Als specielles Beispiel der Schmarotzerpilze haben wir hier eben die Peronospora infestans zu betrachten, von welcher oben behauptet wurde, daß sie das Absterben des Kartoffelkrautes verursache, und zu deren Beschrei-

bung wir jetzt nach vorheriger kurzer Betrachtung ihres gewöhnlichsten Wohnortes, des Kartoffelblattes, zurückkehren.

Das Blatt der Kartoffelpflanze ist bekanntlich zusammengesetzt aus einer Anzahl ungleich großer, einem gemeinsamen Blattstiele in fiederiger Anordnung ansitzender Theile oder Blättchen. Der Bau der letzteren (fig. 1) zeigt die den meisten flachen Laubblättern zukommenden Eigenthümlichkeiten; ihre Hauptsubstanz besteht aus einem Parenchym, das heißt aus einem von rundlichen oder nur wenig gestreckten Zellen zusammengesetzten Gewebe, deren Inhalt reichliche Mengen organischer Substanzen führt, und deren Function eben in der Darstellung und Aufspeicherung dieser Substanzen besteht. Die des Blattparenchyms sind stets reich an dem grünen Pflanzenfarbstoffe, den wir oben als Blattgrün, Chlorophyll bezeichneten, und welcher in Körnchen an der Innenwand der Zelle abgelagert ist. Form und Anordnung der Parenchymzellen ist verschieden, je nachdem sie der oberen oder der unteren Seite des Blattes angehören. Jener (fig. 1, o) zunächst liegt eine Schicht länglich-cylindrischer mit ihrer Längsachse auf der Blattfläche senkrecht stehender, mit den Seitenwänden eng aneinander gedrängter Zellen; das übrige, der unteren Fläche (fig. 1, u) zugekehrte Parenchym besteht aus etwa 4 bis 5 unregelmäßigen Schichten rundlicher oder abgestumpft vieleckiger Zellen, welche weite lufterfüllte Lücken (Intercellularräume) zwischen sich lassen. Ein reiches Gefäßbündel- oder Adernetz durchzieht das ganze Parenchym und führt ihm das von den Wurzeln aufgenommene Wasser zu; und das ganze Blatt wird überzogen von einer zarten, aus einer Lage tafelförmiger Zellen gebildeten, mit zweierlei Haaren besetzten Oberhaut (fig. 1 u u. o, fig. 2), welche auf der unteren Fläche sehr zahlreiche, auf der oberen minder häufige Spaltöffnungen besitzt, d. h. enge längliche Spalten, die von zwei mit ihren Enden zusammenstoßenden halbmondförmigen Zellen begrenzt werden, und durch welche die in den Intercellularräumen enthaltene Luft mit der umgebenden Atmosphäre in Communication steht (fig. 1, 2, s). Unter einer jeden Spaltöffnung liegt immer ein größerer Intercellularraum, die sogenannte Athemhöhle (fig. 1, a).

Untersucht man mit dem Mikroskop das noch grüne Gewebe im Umkreis der braunen Flecke eines kranken Kartoffelblattes, so findet man in den Intercellularräumen das Mycelium, die sterilen, nahrungaufnehmenden Fäden der Peronospora (fig. 1, m), cylindrische, reich verzweigte querwandlose Schläuche mit sehr zarter Haut und farblosem etwas bläulich schimmernden Protoplasmainhalt, durchschnittlich etwa $^1/_{420}$‴ dick, welche sich vielfach geschlängelt zwischen den Zellen des Blattgewebes hindrängen. Dieselben sind am leichtesten aufzufinden in dem lockern

Parenchym der unteren Blattseite, fehlen jedoch auch meistens nicht zwischen den palisadenartig gestellten Zellen der Oberseite. Untersucht man hinreichend jugendliche Entwicklungszustände, so sind diese Schläuche die einzigen vorhandenen Organe des Pilzes. In einem etwas spätern Stadium bemerkt man auf der immer noch grünen Stelle des Blattes, und zwar zunächst und vorzugsweise auf dessen unterer Fläche einen zarten weißen Schimmelanflug. An denjenigen Myceliumfäden, welche durch die unter den Spaltöffnungen liegenden Athemhöhlen verlaufen, sind die Fruchtzweige des Pilzes entstanden, gleichfalls querwandlose, cylindrische farblose Schläuche, welche mit einer etwas aufgetriebenen Basis, theils einzeln, theils zu 2 bis 5 büschelig gruppirt von den Myceliumfäden entspringen, durch die Spaltöffnungen an die Außenfläche hervortreten und dort zusammen den zarten Schimmelanflug darstellen (fig. 1, 2). Fast aus jeder Spaltöffnung eines vom Pilze bewohnten Fleckes tritt mindestens ein Fruchtzweig hervor, zunächst und oft ausschließlich wie schon gesagt wurde, an der untern, bei großer Feuchtigkeit auch an der obern Blattfläche; ja es kommt vor, daß hier die Fruchtzweige auch aus den Stellen der Oberhaut, welche der Spaltöffnungen entbehren, hervorwachsen, indem sie die Wände der Oberhautzellen durchbohren und quer durch diese hindurch ins Freie treten.

Die Fruchtzweige (fig. 2, 3, 11) sind straff aufrecht und zur Oberfläche des Blattes ohngefähr senkrecht gestellt, durchschnittlich so lang oder etwas länger als das Blatt dick ist, an ihrer Basis oft doppelt so dick als die Myceliumfäden, und nach oben hin sehr allmählich verjüngt und zugespitzt. In ihrem oberen Drittheil treiben sie einen bis fünf kurze, aufrecht abstehende, abwechselnd gestellte Aeste, von denen der unterste zuweilen mit einem kurzen Seitenzweig versehen ist; seltener theilen sie sich in dem oberen Dritttheil in 2 durchaus gleiche Gabeläste, die dann je 2 bis 4 Seitenzweige tragen. Sämmtliche Endverzweigungen laufen in sehr feine Spitzen aus und sind unter diesen häufig, doch nicht immer mit einer, zwei, oder drei flaschenförmigen Auftreibungen versehen, die ihnen ein eigenthümliches Ansehen verleihen und auf den ersten Blick wohl zu der Meinung führen können, sie seien durch Querwände in flaschenförmige Glieder abgetheilt.

Bei einiger Aufmerksamkeit erkennt man jedoch leicht, daß dies nicht der Fall und daß Schachts Angabe über das Gegliedertsein der Fäden falsch ist; einzelne Querwände finden sich allerdings hie und da ausnahmsweise bei dem blattbewohnenden Pilze, häufiger bei einem andern unten näher zu beschreibenden Vorkommen desselben. Die Structur der Fruchtfäden ist zunächst der des sterilen Myceliums im wesentlichen gleich, nur wird die Wand beträchtlich dicker als bei diesem und nimmt gleich den

meisten Pflanzenzellhäuten sehr leicht durch Jod und Schwefelsäure blaue Farbe an, während diese (Cellulose-)Reaction bei der Wand der Mycelium-fäden sehr schwer, in den meisten Fällen gar nicht zu erhalten ist. Auf der Spitze eines jeden Zweiges der fruchttragenden Fäden entsteht eine Fortpflanzungszelle; man hat diese bisher allgemein als Spore angespro-chen, allein es stellt sich bei genauerer Untersuchung heraus, daß sich in allen Fällen vollständiger Entwickelung erst innerhalb derselben die zu neuem Mycelium heranwachsenden Sporen bilden; jene Zelle ist daher als Sporen-mutterzelle, Sporenbehälter, Sporangium zu bezeichnen.

Die Sporangien entstehen, indem zunächst die Enden der sie tragenden Aeste zu kuglichen Knöpfchen anschwellen (fig. 2), die allmählich größer werden, ovale Gestalt annehmen, während der Plasmainhalt des Frucht-zweiges mehr und mehr in sie einwandert. Zuletzt tritt eine kurze Strecke unter der Anschwellung in dem Ende ihres Trägers eine Querwand auf, durch welche jene als besondere Zelle abgegliedert wird (fig. 3), um sich als-bald unter der Querwand von ihrem Träger loszulösen, abzufallen und sich erst dann weiter zu entwickeln, wenn sie durch äußere Umstände an einen dazu günstigen Ort geführt worden ist.

Das ausgebildete Sporangium (fig. 3—5 a) hat etwa die Gestalt einer Citrone; es ist im Umriß oval, unten in ein kleines Stielchen, welches der Abgliederung entsprechend scharf querabgeschnitten ist, am obern Ende in eine kurze stumpfe Papille vorgezogen; seine Wand ist farblos, ziemlich derb, zumal in der Endpapille, der Inhalt besteht gleich dem der Trag-fäden aus farblosem körnigem Plasma, in welchem wenn man die Spo-rangien in Wasser betrachtet oft einer oder mehrere rundliche von wässri-ger Flüssigkeit erfüllte Hohlräume (sogenannte Vacuolen) als helle Kreise auftreten. Die Entwicklung der Sporen erfolgt wenn die abgefallenen reifen Sporangien in Wasser gebracht werden; man beobachtet sie am besten in Wassertropfen auf Glasplatten, sie findet aber bei der gewöhnlichen mittlern Temperatur unserer Sommer- und Herbsttage unter der angege-benen Bedingung überall statt, ob nun die Wassertropfen auf Theilen der Kartoffel oder einer andern Pflanze sich befinden, oder die Sporangien in feuchte und nasse Erde gelangen. Die Sporen selbst gehören zu den bei Pilzen verhältnißmäßig selten vorkommenden, bei den meisten wasserbewoh-nenden Algen dagegen allgemein verbreiteten Schwärmsporen oder Zoo-sporen (d. h. thierähnlichen Sp.), indem sie in der ersten Zeit ihres Lebens mit einer selbständigen Bewegung begabt sind, welche durch be-sondere Organe vermittelt wird und den Bewegungen niederer Thiere auf-fallend ähnlich ist.

Bringt man die frischen, reifen Sporangien unseres Pilzes in Wasser

so beobachtet man oft schon nach kaum anderthalb, zuweilen erst nach 3 bis 5 Stunden, daß der Inhalt derselben durch zarte Linien in eckige gleichgroße Portionen getheilt ist, deren jede in ihrer Mitte einen kleinen rundlichen hellen Fleck zeigt und deren Zahl je nach der Größe des Sporangium zwischen 6 und 16 schwankt. Die Gestalt und Wandbeschaffenheit des Sporangium sind dabei dieselben geblieben wie vor der Aussaat (fig. 4, 5a).

Bald nach der Theilung zieht sich die der Endpapille zunächst gelegene Inhaltsportion plötzlich von der Wand zurück, um sofort wiederum gegen die Papille hingedrängt zu werden; diese wird hierdurch nach außen vorgetrieben und sofort unkenntlich, an ihrer Stelle hat die Wand jetzt ein rundes Loch, durch welches rasch eine Inhaltsportion nach der andern in das umgebende Wasser austritt, um sofort die Gestalt und Structur der ausgebildeten Schwärmsporen anzunehmen und nach kurzem Aufenthalt vor der Sporangiumsmündung fortzueilen (fig. 5, b). In wenig Augenblicken ist das ganze Sporangium entleert und die Sporen in das umgebende Wasser zerstreut.

Die fertige Schwärmspore (fig. 6) ist oval, auf einer Seite etwas abgeplattet, an dem einen, bei der Bewegung stets vorangehenden Ende spitz, an dem entgegengesetzten breit abgerundet. Sie besteht zum größten Theile aus jenem trüben, feinkörnigen Protoplasma, das wie oben gezeigt wurde, den Inhalt der Sporangien und der Fäden unseres Pilzes ausmacht. Eine besondere, von einem Inhalte scharf unterscheidbare Haut, wie solche die letztgenannten Theile umgibt, ist nicht vorhanden, vielmehr das Protoplasma nur durch eine größere Dichtigkeit und Festigkeit seiner äußersten Schicht nach außen scharf abgegrenzt. Unmittelbar unter der Oberfläche der abgeplatteten Seite und nahe dem Vorderende der Spore befindet sich in dem Protoplasma ein kleiner, abgeplattet kugliger Hohlraum, welcher von wässeriger farbloser Flüssigkeit erfüllt wird und daher in Form des oben erwähnten hellen Fleckes an der Spore erscheint. An dem hintern Ende des hellen Fleckes sitzen der Außenfläche der Sporen zwei von einem Punkte entspringende, überaus feine fadenförmige Organe, sogenannte Wimpern oder Cilien an, von welchen die eine kürzer, nach vorne gerichtet ist und durch ununterbrochenes lebhaftes Hin- und Herschwingen der Schwärmspore die ihr eigenthümliche Bewegung ertheilt, die andere längere bei der Bewegung einem Steuerruder ähnlich nachgeschleppt wird. Die Bewegung selbst besteht in einer steten Umdrehung um die eigene Längsachse, verbunden mit einem Vorwärtsschreiten in der durch das spitze Vorderende bezeichneten Richtung. Das Vorwärtsschreiten findet in mannigfach wechselnden Bahnen nach den verschiedensten Richtungen hin statt; fremde Körper werden sorg-

fältig umsteuert, die ganze Bewegung hat mit der willkürlichen Ortsveränderung, welche bei mikroskopischen Thieren beobachtet wird, täuschende Aehnlichkeit.

In den wesentlichen Punkten des Baues und der Bewegungen stimmen die unserm Pilze zukommenden Schwärmsporen mit den bei einer großen Zahl von Algen und insonderheit bei einigen Pilzgattungen, nämlich den wasserbewohnenden Saprolegnieen und den pflanzenbewohnenden weißen Rostpilzen (Cystopus) bekannten vollständig überein. Dasselbe gilt von ihrer weiteren Entwickelung. Nach höchstens halbstündigem Schwärmen wird die Bewegung träger, auf ein Herumdrehen in immer kleinerem Kreise, allmählich auf ein langsames Drehen um die eigene Achse ohne Ortsveränderung beschränkt; zuletzt tritt völlige Ruhe ein, die Wimpern sind verschwunden, die Spore nimmt regelmäßige Kugelgestalt an und erscheint alsbald von einem schärferen dunkleren Contour umschrieben, indem sich um das Protoplasma eine zwar noch zarte, aber deutlich vom Inhalt trennbare Zellhaut abgesondert hat (fig. 7 a). Sofort beginnt nun die Keimung (fig. 7, b—f); die Spore treibt nach irgend einer Seite hin eine schlauchförmige Ausstülpung (Keimschlauch), welche schon nach wenigen Stunden die drei- bis vierfache Länge des Sporendurchmessers erreicht und, bei stets gleichbleibender Dicke, in Zeit von 12 bis 24 Stunden auf die 10- bis 12fache Länge des Sporendurchmessers heranwächst, dabei alle wesentlichen Eigenschaften eines Myceliumschlauches annehmend. Während des Wachsthums krümmen sich die Keimschläuche wellig hin und her; der Inhalt wandert aus dem kugligen Sporenraum allmählich in den Keimschlauch über und rückt mit der fortwachsenden Spitze desselben stets weiter und weiter vor, so daß nach einiger Zeit die kuglige Sporenhaut und der hintere Theil des Keimschlauchs nur wässerige Flüssigkeit enthalten und dem vorderen plasmaerfüllten Theile als höchst zarte, blasse, dünnwandige Gebilde anhängen, um alsbald durch eine Querwand von demselben scharf abgetrennt zu werden. Länger als 24 Stunden auf Glasplatten cultivirt sterben alle Keimschläuche ab, häufig nachdem sie zuvor einen oder zwei Zweige getrieben haben.

Zuweilen kommen zwei andre Entwicklungsformen der abgefallenen in Wasser gebrachten Sporangien vor. Die erste findet sich ziemlich selten und zumal bei solchen, welche nur auf der Oberfläche des Wassers schwimmen. Die Wand des Sporangium stülpt sich an dem durch die Papille bezeichneten oberen Ende zu einem einfachen cylindrischen Schlauche vor, welcher nachdem er die zwei- bis mehrfache Länge des Sporangium erreicht hat, an seiner Spitze blasig anschwillt. Die Anschwellung wächst zu einer etwas geringern Größe als die des Sporangium ist heran und

erhält eine meist unsymmetrisch-ovale Gestalt, während aller Inhalt des Sporangium ungetheilt in sie einwandert. Ist dies geschehen, so grenzt sie sich durch eine Querwand von dem Schlauche der sie trägt ab, und nimmt nun vollständig die Structur des Sporangium an, welches sie erzeugte (fig. 9). Man kann sie daher als secundäres Sporangium bezeichnen. Zuweilen können solche secundäre Sporangien in der gleichen Weise, wie sie selbst entstanden sind, tertiäre erzeugen; unter günstigen Bedingungen aber bilden sie Schwärmsporen gleich den primären, was die für sie gewählte Bezeichnung rechtfertigt und zeigt, daß ihnen in der Entwicklungsgeschichte unseres Pilzes eine nur untergeordnete Bedeutung zukömmt.

Etwas häufiger und von den normalen und gewöhnlichen wesentlicher verschieden ist eine dritte Entwicklungsform (fig. 10); sie besteht darin, daß die Wand des Sporangium sich an der durch die Endpapille bezeichneten Spitze zu einem Schlauche ausfackt, in welchen das Plasma sehr langsam und ohne vorherige Theilung einwandert und welcher, entweder einfach bleibend oder in der verschiedensten Weise verzweigt, mit allen für die Myceliumfäden unseres Pilzes characteristischen Eigenthümlichkeiten versehen weiter wächst. Es entwickelt sich also hier das Sporangium in derselben Weise, wie in dem normalen Falle die aus ihm erst hervorgegangenen Sporen. Man findet diese Entwicklungsform vereinzelt oft in demselben Wassertropfen, also unter anscheinend völlig gleichen äußeren Bedingungen wie die Schwärmsporenbildung und es hat sich bis jetzt keine Erklärung derselben aus äußeren Ursachen finden lassen.*) Einige noch näher zu prüfende Umstände machen es mir wahrscheinlich, daß es vielleicht ältere, an der Grenze ihrer Entwicklungsfähigkeit angelangte Sporangien sind, welche diese Erscheinung statt der normalen zeigen.

Der Pilz, dessen Form, Bau und Entwicklung soeben beschrieben wurden, findet sich constant auf und in den massenhaft auftretenden braunen und schwarzen Flecken des kranken Kartoffelkrautes und ist auf den Blättern, von denen zunächst vorzugsweise die Rede sein soll, durch seine hervortretenden Fruchtäste leicht auch mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. Es versteht sich von selbst, daß auch einzelne braune Flecke an dem Kraute vorkommen können, welche zu dem Pilze in keiner Beziehung stehen, in welchen er sich niemals nachweisen läßt, und welche durch andere Pilze sowohl wie durch beliebige andere äußere Schädlichkeiten verursacht sein

*) Die von mir früher angeführte Beobachtung, daß sich solche Schläuche auf Knollen der Kartoffel ausschließlich bilden, hat sich bei fortgesetzten Untersuchungen nicht bestätigt. Es werden hier, wenn man mit frischem Material experimentirt, wenigstens eben so oft als die Schlauchentwickelung, Schwärmsporen beobachtet.

können. Allein solche Flecke sind verhältnißmäßig so vereinzelt, daß wir sie als durchaus gleichgültig bezeichnen müssen, und daß sie gewiß niemals wesentlich dazu beigetragen haben, eine Blattkrankheit der Kartoffelpflanze irgendwie bemerklich zu machen. Bei dem massig auftretenden Fleckigwerden handelt es sich einzig und allein um die Peronospora. Ueber die ursächlichen Beziehungen dieses Pilzes zur Blattkrankheit der Kartoffel stehen nun zwei Ansichten einander schroff gegenüber. Nach der einen erfolgt das Erkranken, Braunwerden und Absterben des Krautes zuerst, und der Pilz entwickelt sich aus seinen an die abgestorbenen Stellen gelangten Keimen erst in Folge des Absterbens, als ächter Schimmelpilz oder Saprophyt im oben bezeichneten Sinne des Wortes. Nach der anderen ist der Pilz ein ächter Parasit, dessen Keime in das gesunde Gewebe gelangen, um sich dort weiter zu entwickeln und durch ihre Vegetation das gesunde Gewebe unter den bekannten Erscheinungen zu zersetzen und zu tödten; seine Entwicklung ist also die Ursache des Erkrankens und Absterbens.

Eine dritte Beziehung ist heutzutage nicht zulässig. Es ist allerdings noch denkbar, daß Pilzentwicklung und Absterben des Parenchyms eine gemeinsame Ursache haben, daß aus irgend einem innern Grunde gleichzeitig das bekannte Erkranken des Krautes und eine Pilzbildung auftreten könne, welche aus den Stoffen des kranken Gewebes entsteht und bis zum Absterben desselben ihre ganze Entwicklung durchläuft. Es ist zwar, wie gleich im Voraus zu bemerken ist, in den beobachteten Erscheinungen kein Grund für eine derartige Annahme vorhanden, und auch niemals ein solcher von competenter Seite geltend gemacht worden. Allein die Ansicht, nach welcher Pilze, zumal die einfacheren Schimmel- oder Fadenpilze nicht nur aus ihren Keimen auf oder in dem Körper wo wir sie finden, sondern aus seiner zersetzbaren Substanz wie Krystalle aus einer Mutterlauge entstehen sollen, ist zumal unter den Laien zu sehr verbreitet, um nicht hier kurz erwähnt und abgewiesen werden zu müssen. Ein Pilz entsteht nicht anders, als irgend ein höherer Organismus, ein Baum, ein Säugethier, d. h. nicht anders als aus einem Keime welcher einem gleichartigen elterlichen Organismus entstammt. Die Annahme einer Pilzentwicklung aus ungleichartiger, erkrankter oder zersetzter organischer Substanz hat keinen anderen Grund als den, welcher die Alten zu dem Glauben veranlaßte, Mäuse entständen aus dem Schlamme des Nil, oder Bienen aus dem faulenden Blute und Gedärm eines Rindes. Das einfache Herauskommen dieser Wesen aus jenen Gegenständen wurde mit dem Entstehen aus der Substanz derselben verwechselt weil man nicht sah und nicht wußte wie die Eltern oder die Keime hineingekommen waren; daß letzteres nichtsdestoweniger in allen solchen Fällen wo es sich um höhere Pflanzen

und Thiere handelt ſtattfindet, und durch halbwegs aufmerkſame Unterſuchung leicht nachgewieſen werden kann, weiß heutzutage Jeder, und derjenige der da meint ein Unkraut oder ein Maikäfer entſtehe elternlos aus der Subſtanz des Bodens aus welchem ſie hervorſproſſen oder auskriechen, wird mit Recht allgemein für einen Thoren erklärt werden. Daß für die Pilze die Annahme einer elternloſen Entſtehung bis in die neueſte Zeit hinein Beſtand hatte und ſelbſt ausgezeichnete Botaniker zu ihren Vertheidigern zählte, hat gleichfalls in nichts anderem ſeinen Grund, als in der Schwierigkeit die ſtets mikroſkopiſch kleinen Sporen dieſer Gewächſe in ihrer Verbreitung, Keimung und Weiterentwicklung zu verfolgen. In der That hat jene Annahme an Halt und Boden fortwährend verloren, ſeitdem Micheli im Anfange des vorigen Jahrhunderts Pilze aus ihrem „Samen" erzog, Benedict Prevoſt 1807, Ehrenberg 1821 die Keimung der Sporen und die Entwicklung neuer Individuen aus den nächſten Producten der Keimung zuerſt nachgewieſen, und die letzten Jahrzehnte größere Reihen von Keimungsgeſchichten und Entwicklungsbeobachtungen geliefert haben. Durch dieſe letzteren und durch den Nachweis, daß auf todten organiſchen Stoffen, welche der Pilzentwicklung förderlich und unter gewöhnlichen Verhältniſſen raſch mit ſolcher verſehen ſind, niemals Pilze auftreten, wenn durch geeignete Vorkehrungen der Zutritt von Sporen unmöglich gemacht iſt, wurde die Annahme einer elternloſen Zeugung für die nicht ſchmarotzenden Pilze zuerſt beſeitigt. Für die paraſitiſchen, welche dem Experiment noch ſchwerer zugänglich ſind, zumal die pflanzenbewohnenden, haben verbeſſerte Inſtrumente und Unterſuchungsmethoden mehr und mehr bewieſen, wie die früheren Beobachtungen, nach welchen ſie aus ſtockenden Pflanzenſäften gleichſam auskryſtalliſiren ſollten, unrichtig, großentheils durch die Unvollkommenheit der Inſtrumente verſchuldet waren, mit welchen man unterſucht hat. Für die meiſten dieſer Paraſiten iſt heutzutage gleichfalls eine Entſtehung aus Mycelium, welches als Keimungsproduct der Sporen in die Nährpflanze eindringt, von jedem Urtheilsfähigen anerkannt, wie hier nur kurz angedeutet, von dem Nichtbotaniker aber aus Jul. Kühns klaren Darſtellungen in dem oben erwähnten Buche erſehen werden kann. Den Vertheidigern der elternloſen Entſtehung blieben ſchließlich nur diejenigen Pilze übrig, welche im Innern geſchloſſener lebender Zellen gefunden werden; aber auch ſolche Fälle können, ſelbſt wenn ſich keine Spur des Eintritts findet, eben nur als ſolche aufgefaßt werden, in denen die Beobachtung des Eindringens zufällig nicht gelungen iſt. Denn einerſeits findet man jene Pilze ſtets fertig in den Zellen, eine Entſtehung aus dem Zellinhalt hat nirgends nachgewieſen werden können; andrerſeits liefert die direkte Beobachtung ſehr zahlreiche Beweiſe dafür, daß Pilze in lebende

Zellen eindringen können, und daß oft sehr schnell die Spur ihres Eintritts verschwindet. Gerade die Entwicklung unseres Kartoffelpilzes, zu der wir wiederum zurückzukehren haben, liefert hierfür ein sehr auffallendes Beispiel.

Die erste der oben erwähnten Ansichten, nach welcher die Peronospora erst auf dem bereits kranken oder abgestorbenen Gewebe, also in Folge der anderweitig verursachten Krankheit auftreten soll, wird von ihren Vertheidigern einfach darauf gegründet, daß sie den Pilz nicht finden konnten außer auf den bereits braunen Stellen. Die Meisten beschränken sich auf diese kurze Angabe; der neueste Vertheidiger der Ansicht Schacht dagegen sagt ausdrücklich, daß der Pilz sich nur von dem faulenden Gewebe ernähre, und daß sein Mycelium nur bis in die Athemhöhle unter den Spaltöffnungen, nicht aber in die Tiefe des Blattgewebes verfolgt werden könne. Schon Schachts eigene Abbildungen auf seiner Tafel VI, 5 u. 6, stehen mit dieser Angabe gewissermaßen im Widerspruch, denn sie zeigen wie die fructificirenden Fäden einerseits aus den Spaltöffnungen hervortreten, andrerseits mit ihren unteren Enden zwischen den Zellen des Blattparenchyms verschwinden, und zwar hier keineswegs bestimmt abgeschlossen, sondern so daß das untere Ende entweder von dem Blattgewebe verdeckt oder abgeschnitten sein muß. Schacht hätte nun doch bedenken sollen, daß der Pilz nach beiden Seiten hin irgendwo aufhören muß, und da Unger schon im Jahre 1847 deutlich abgebildet hat, wie die Fruchtfäden von einem im Parenchym verbreiteten Mycelium entspringen, die Unrichtigkeit dieser Darstellung und den nach seinen Beobachtungen richtigen Sachverhalt, d. h. das untere Ende des Pilzes, wie er es gefunden hat, nachzuweisen gehabt. Statt dessen beschränkt er sich darauf seine Behauptung durch seine eigenen Abbildungen zweifelhaft zu machen und zu zeigen, daß er nicht nur ungenau untersucht, sondern seine eigenen Untersuchungen und Präparate nicht einmal richtig zu beurtheilen gewußt hat.

Zu der anderen Ansicht, welche alle zuverlässigen Beobachter neuerer Zeit als die wenigstens höchst wahrscheinlich richtige annehmen, und nach welcher der Pilz durch seine Vegetation das bis dahin gesunde Gewebe krank macht, muß schon die genauere Untersuchung des Auftretens und der Ausbreitung der braunen Flecke auf den Blättern führen. Zuweilen, wenngleich im Freien nicht häufig, findet man, wie auch Kühn angibt, die Fruchtäste der Peronospora auf einem noch völlig grünen, oder höchstens etwas gelblichen Blatte an irgend einer kleinen Stelle hervortretend; bald, unter Umständen schon nach wenig Stunden, ist die betreffende Stelle braun und abgestorben; in diesem Zustande wird man meistens die Anwesenheit des Pilzes im Blatte zuerst gewahr. Beobachtet man den klei-

nen braunen Fleck bei feuchtem Wetter im Freien, oder in einer künstlich, z. B. durch Ueberdecken einer Glasglocke über die in feuchtem Boden oder im Wasser stehenden Kartoffelsprosse mit Wasser gesättigten Atmosphäre, so sieht man, zumal an der untern Blattfläche, nach einiger Zeit um den Rand des braunen Flecks einen zarten von Fruchtästen der Peronospora gebildeten Schimmelanflug aus dem noch grünen Gewebe hervortreten, und alsbald ein Braunwerden der Blattpartie, welcher jener Anflug entsproßte, somit eine Vergrößerung des braunen Fleckes folgen. In der gleichen Weise verbreitet sich der Fleck durch immer neues Hinzutreten ringförmiger brauner Zonen, die vorher vom Schimmelanflug bedeckt waren, von der Mitte aus fortschreitend bis zum Zusammenfließen mit anderen und bis zum Absterben des ganzen Blattes. Immer ist nun, wie die mikroskopische Untersuchung des Blattgewebes lehrt, in einer solchen Zone das Mycelium des Pilzes zuerst, zwischen den völlig gesunden Zellen des grünen Parenchyms vorhanden. Erst mit oder nach dem Hervortreten der Fruchtäste beginnt das Absterben des Blattparenchyms an der betreffenden Stelle; ist dieses erfolgt, so hört hier auch die Entwicklung des Pilzes auf, die Fruchtäste haben ihre Sporen gebildet, sind größtentheils leer und collabirt, das Mycelium hat gleichfalls seinen Inhalt großentheils zu Gunsten der Sporangienbildung verloren, seine Fäden sind als blasse zartwandige Schläuche zwischen den mit brauner Wand und braunem Inhalt versehenen collabirten Parenchymzellen oft nicht mehr ganz leicht aufzufinden. Dagegen wachsen die in der Peripherie des braun werdenden Fleckes mit dem gesunden Gewebe in Berührung stehenden Myceliumfäden weiter in dieses hinein, verzweigen sich in demselben um späterhin zu fructificiren, und so verbreitet sich der Pilz strahlig von irgend einem Mittelpunkte aus so lange er noch gesundes Gewebe findet, dies erst durchwuchernd, dann, während er fructificirt zum Braunwerden und Absterben bringend, und seine Vegetation hört überall da auf, wo ein Absterben bereits stattgefunden hat.

Nach dieser Thatsache, welche jede aufmerksame Beobachtung klar vor Augen führt, kann es nicht zweifelhaft sein in welchen Sinne die Entscheidung zwischen den beiden oben angeführten Ansichten zu treffen ist. Vollständige Gewißheit wird aber dadurch erlangt, daß es sich ohne sehr große Schwierigkeit beobachten läßt, wie der Pilz von außen in das gesunde Gewebe der Kartoffelpflanze eindringt und daß wir in jedem beliebigen vollkommen gesunden Stücke der Pflanze alle characteristischen Erscheinungen der Krankheit dadurch sicher hervorrufen können, daß wir ein solches Eindringen zu Stande kommen lassen.

Das Eindringen kann auf verschiedenen Wegen geschehen. Betrachten wir hier zunächst den einfachsten, um erst im vierten Abschnitte auf die

anderen zurückzukommen. Bringt man die Sporangien unseres Pilzes auf die Oberfläche irgend eines grünen Theiles der Kartoffel, und sorgt man dafür, daß sich dieselben wenigstens einige Stunden lang in kleinen Wassertropfen befinden, oder beim Eingraben in Erde gehörig feucht gehalten werden, so erfolgt alsbald die Bildung der Schwärmsporen in der oben angegebenen Weise. Dieselben kommen zur Ruhe, setzen sich auf der Oberfläche des Pflanzentheils fest, und treiben Keimschläuche, die sich von den auf Glasplatten entstandenen nur durch die Richtung ihres Wachsthums unterscheiden. Wo die Sporen nahe bei einer Spaltöffnung zur Ruhe gekommen sind, wächst die Spitze der Keimschläuche in diese hinein, tritt in die Athemhöhle und treibt hier Zweige, welche als Myceliumfäden in die Intercellularräume der tieferen Gewebsschichten weiterwachsen. Der Inhalt der Spore rückt sehr frühe in das innerhalb der Spaltöffnung befindliche Ende des Keimschlauchs ein, dieses grenzt sich nahe an der Spalte sehr bald durch eine Querwand von dem außenbleibenden inhaltsleeren Stücke ab. Hat man große Mengen von Sporangien zum Versuche angewendet, so findet man schon 12 Stunden nach ihrer Aussaat oft 2 bis mehrere Keimschläuche eingetreten. Das Vorhandensein von Spaltöffnungen ist aber für das Eindringen der Keime durchaus gleichgültig. Wendet man Stengelstücke oder obere Blattflächen zum Versuche an, so kommen die meisten Sporen auf den spaltöffnungsfreien Stellen der Oberhaut zur Ruhe, treiben ihre Schläuche, und diese kehren nach kurzem Verlaufe über die Oberfläche ihre Spitze senkrecht gegen die Außenwand einer beliebigen Oberhautzelle und bohren sich in dieselbe ein, so daß sich die Spitze alsbald in dem Innenraum befindet. (Fig. 8, a, b.) Derjenige Theil, welcher durch die Zellwand geht, bleibt äußerst dünn, so daß der Keimschlauch soweit er die Wand durchsetzt eng eingeschnürt erscheint. Das eingetretene Stück schwillt alsbald zu einer Blase von nahezu der doppelten Dicke des außen befindlichen an und verlängert sich sofort zu einem, oft schon innerhalb der Oberhautzelle verzweigten Myceliumschlauche. Auch hier wandert sehr bald aller Sporeninhalt in das eingedrungene Stück über. Der außen befindliche kurze Theil des Keimschlauchs und die damit in Verbindung stehende Zellhaut der Spore sind schon nach 12 Stunden völlig leer, und wegen ihrer außerordentlichen Zartheit schwer zu erkennen (Fig. 8.) Später werden sie vollkommen unkenntlich und ohne die direkte Beobachtung des Eintritts wäre der Ursprung der in den Oberhautzellen befindlichen Myceliumschläuche vollkommen unklar.

Die direkte Beobachtung ist nun aber bei unserm Pilze durchaus nicht schwierig. Sie gelingt am leichtesten wenn man folgendes einfache Verfahren anwendet. Man bringe eine gehörige Menge frischer reifer

Sporangien in einen Wassertropfen auf eine Glasplatte, damit jederzeit mit dem Mikroskope controlirt werden kann, ob und wann die Zoosporen ausschwärmen. Mitten in den Tropfen legt man den zum Versuche zu benutzenden Pflanzentheil so daß seine eine Fläche ins Wasser taucht; und zwar wählt man der leichteren Präparation halber am zweckmäßigsten gesunde kräftige Stengelstücke. Macht man nun zu verschiedenen Stunden nach dem Ausschwärmen der Zoosporen Durchschnitte oder präparirt man Oberhautstücke ab, so gelingt es fast immer, alle Stadien des Eindringens aufzufinden. Es versteht sich von selbst, daß man bei einiger Uebung das gleiche Resultat auch dann erhalten kann, wenn man die Sporangien auf beliebige Stellen einer im Boden oder in einem Wasserglase stehenden Kartoffelpflanze applicirt.

Der Beginn des Eindringens findet sich unter günstigen Umständen sehr bald nach der Geburt der Zoosporen. So traten z. B. bei einem im Zimmer bei einer Temperatur von 14° bis 15° R. gemachten Versuche aus den um 12 Uhr ausgesäten Sporangien um 1 Uhr die Zoosporen aus; um 3 Uhr fanden sich schon viele Keimschläuche derselben mit ihrer Spitze in die Außenwand der Oberhautzellen befestigt. Auch die Weiterentwicklung der eingedrungenen Schläuche erfolgt unter günstigen Umständen sehr schnell. Bei einem im geheizten Zimmer angestellten Versuche, in welchem die angewendeten Stengelstücke fortwährend unter einer Glasglocke feucht erhalten und täglich ein- bis mehrmals untersucht wurden, erfolgte die Aussaat am 9. Februar Abends 5 Uhr. Um 7 Uhr 15 Min. waren schon alle Zoosporen zu Ruhe gekommen, viele der im Wasser liegen gebliebenen hatten schon Schläuche von der doppelten Länge des Sporendurchmessers getrieben. Am 10. Februar 9 Uhr Vormittags sind die Keime aller zur Stengeloberfläche gelangten Sporen vollständig eingedrungen, die meisten durch die ganze Tiefe der Oberhautzellen, einzelne sogar schon durch die unter der Oberhaut liegende Zellschicht hindurchgewachsen; am 11. Februar dringen sie schon 5 bis 6 Zellschichten tief ins Innere des Stengels ein und sind in der Richtung des Querdurchmessers und der Oberfläche des Stengels reich verzweigt. Am 14. Februar erscheinen zahlreiche Fruchtzweige auf der Oberfläche, das Mycelium ist durch das ganze Parenchym, einschließlich des Markes, ungemein reichlich verbreitet, zwischen den theils braun gefärbten, theils noch vollständig gesund aussehenden Zellen, die nun mehr und mehr zu Grunde gehen. Aussaaten auf Blätter, feucht gehalten, ließen nach 4 bis 5 Tagen die erste Fructification erscheinen, deren Auftreten rasch eine ungemein lebhafte Wucherung des Pilzes und ein Braunwerden folgte.

Um in die tieferen liegenden Gewebsschichten zu gelangen, durchbohrt die Spitze der Myceliumschläuche die innere Wand der Oberhautzellen in der gleichen Weise, wie beim ersten Eintritt die Außenwand durchbohrt worden war, nur verliert das in der Oberhautzelle bleibende Stück seinen Plasmainhalt nicht. Innerhalb des unter der Oberhaut gelegenen Gewebes verbreitet sich das Mycelium fast ausschließlich zwischen den Zellen. Nur selten fand ich seine Fäden auch im Innern der bei dem Stengel unmittelbar unter der Oberhaut gelegenen großzelligen Parenchymschicht. Selbst in dem äußeren Rindengewebe des Stengels (dem sogenannten Collenchym) dessen langgestreckte Zellen mit ihren dicken, im Wasser quellenden Wänden überall in innigster Berührung stehen, bahnen sie sich zwischen den Zellen einen Weg, indem sie die Wände dieser auseinander drängen.

Die beschriebenen Aussaatversuche sind ganz besonders geeignet, um aufs evidenteste zu zeigen wie die äußerlich mit bloßem Auge bemerkbaren Erscheinungen der Krankheit, nämlich das Absterben und Braunwerden der Gewebe, durch die Berührung der Pilzfäden mit den Zellen verursacht werden. Untersucht man die abgezogene Oberhaut eines zum Versuche benutzten Pflanzentheils, dessen Zellhäute vorher vollkommen farblos waren, 12 bis 15 Stunden nach der Aussaat, so findet man die Zellwand überall da, wo ein Keimschlauch eingedrungen ist intensiv und rein braun gefärbt. Ist der Schlauch in eine Oberhautzelle getreten, so ist zunächst die Außenwand dieser, mit welcher der Pilz zuerst in Berührung trat, gefärbt, und zwar dicht um die Durchbohrungsstelle am dunkelsten, nach der übrigen Oberfläche der Zelle hin nimmt die Farbe allmählich an Intensität ab, und zwar oft so rasch, daß nur eine kleine Stelle der Zellwand gefärbt, die übrige farblos erscheint. Ist der Pilz durch eine Spaltöffnung eingetreten, so sind die Wände der unter dieser liegenden Zellen sammt der innern Wand der Schließzellen gefärbt, und zwar von allen diesen Zellen zunächst nur diejenige Partie, welche unmittelbar an die Athemhöhle in die der Pilz eingetreten war, grenzt, während ihre Wand in dem übrigen Umfang noch farblos ist. Ueberall also sehen wir an denjenigen Punkten, wo der Pilz mit den Zellen zuletzt in Berührung getreten ist, auch die braune Färbung zuerst auftreten und da andrerseits alle Theile, welche von den Pilzfäden nicht unmittelbar berührt werden, zunächst ihre ursprüngliche Farbe rein behalten, kann die Ursache der Bräunung keine andere als die Berührung des Pilzes sein. Von der erstgebräunten Stelle an verbreitet sich die Färbung nun ziemlich rasch sowohl über die ganze Wand der vom Pilze berührten Zellen, als auch auf die benachbarten, an welche kein Pilzfaden direkt getreten war; eine kranke Zelle kann also allmählich ihre ganze Nachbarschaft anstecken. Der Veränderung der Zell-

haut folgt bald ein Absterben ihres Inhalts. Der stickstoffreiche Wandbeleg erhält eine gleichfalls bräunliche, immer dunkler werdende Farbe, zahlreiche dunkle Körnchen schlagen sich auf demselben nieder, das Blattgrün, wo solches vorhanden war, wird mißfarbig, zuletzt schrumpft das Ganze zu einem schmutzig dunkelbraunen Körper zusammen oder wird faul und jauchig. Für das bloße Auge sind, wie aus dem Gesagten fast selbstverständlich hervorgeht, die ersten Anfänge der Bräunung nicht sichtbar. Bei Aussaatversuchen sieht man erst einen bis zwei Tage nach der Aussaat kleine braune Linien oder Punkte auftreten, die sich dann rasch vergrößern, und zu immer ausgedehnteren Flecken zusammenfließen.

Die gleichen Erscheinungen finden in den tiefer liegenden Geweben statt, nur schreiten sie minder rasch vorwärts, und zwar erfolgt das Braunwerden der Berührung mit dem Pilze um so langsamer je weiter das Gewebe von der Oberfläche entfernt — vor der Einwirkung der atmosphärischen Luft geschützt ist. In dem Marke des Stengels findet man bei Culturversuchen oft alle Intercellulargänge von der Peronospora reichlich durchsetzt, aber nur an sehr wenigen Stellen Bräunung, während letztere in den oberflächlichen Theilen des Stengels und in dem dünnen und durch seine Spaltöffnungen und Intercellulargänge mit der Luft überall in Wechselwirkung stehenden Blattgewebe sehr leicht und schnell erfolgt. Keine Gewebsform, auch die Gefäßwände nicht, ist übrigens von der Braunfärbung ganz ausgeschlossen.

Nach den chemischen Untersuchungen, welche vorzugsweise an den gebräunten Theilen kranker Knollen angestellt worden sind, die, wie unten gezeigt werden wird, auf dieselbe Weise zu Stande kommen, wie die des Krautes, gehört die braune Substanz welche durch den Contact des Pilzes gebildet wird und die Färbung der kranken Theile verursacht, höchst wahrscheinlich den chemisch indifferenten unlöslichen Humuskörpern (Mulders Ulmin und Humin) an. Bei der geringen Kenntniß, die wir von diesen Körpern besitzen, muß ihre nähere Zusammensetzung und der Weg der Umsetzung auf welchem sie durch den Pilz gebildet wird, dahin gestellt bleiben. —

Es ist bereits durch andere Beobachter bekannt, daß an den Früchten der Kartoffelpflanze nicht selten ganz ähnliche Flecke wie an den Blättern durch die Peronospora verursacht werden. Die gleiche Ursache haben die meisten braunen Flecke, welche man an den Stengelorganen, und zwar sowohl an oberirdischen grünen Laubstengeln, als auch an den unterirdischen kriechenden Ausläufern beobachtet, deren Enden zu Knollen anschwellen. Ein Theil dieser Flecken, welche besonders in späteren Stadien der Verderbniß auftreten, hat zwar entschieden andere Ursache;

man findet bei der Unterſuchung keine Peronospora in ihrem Innern, ſondern das durch weit dünnere, mit Querwänden verſehene Fäden augenblicklich von jener verſchiedene Mycelium anderer Pilze — wohl der Sphaeriaceen, welche erſt nach dem totalen Abſterben des Krautes ihre vollſtändige Entwicklung erreichen. Solche Flecke, welche ſich vorzugsweiſe an den unteren, in oder nahe bei dem Boden befindlichen Stengeltheilen zeigen, ſind in der Regel auch ſchon von außen durch die mehr gelbbraune Farbe ausgezeichnet. Die ſchmutzig- und dunkelbraunen Flecken, welche an den höheren Stengelgliedern, zuerſt gewöhnlich nahe bei der Blattbaſis, dann aber auch an regellos zerſtreuten Stellen auftreten und auch am Stengelgrunde und den Ausläufern meiſtens die Mehrzahl bilden, verdanken dagegen der Peronospora ihr Daſein. Es iſt dieſer Pilz ſchon öfters, z. B. von v. Holle an dem Stengel gefunden worden, von anderer Seite her wird aber ſein conſtantes Daſein in den braunen Flecken bezweifelt, weil man ſelten ſeine Fructification findet, und weil das Vorhandenſein des fructificirenden Pilzes mit dem Vorhandenſein des Pilzes überhaupt verwechſelt wurde. Kennt man ſein Mycelium und die Art ſeiner intercellularen Verbreitung genau, ſo wird man es, auch ohne Fructification, auf Durchſchnitten in dem Rindengewebe leicht finden. Bei dem dichten Schluß der Zellen in beſagtem Gewebe iſt es aber allerdings oft ſchwerer zu entſcheiden, als es von vorn herein ſcheinen mag, ob die plaſmaführenden Räume, welche man auf Durchſchnitten zwiſchen den Zellen findet, in der That die Myceliumſchläuche, und nicht vielmehr angeſchnittene Rindenzellen ſind oder Intercellulargänge in welche beim Durchſchneiden körniger Zellinhalt zufällig gelangt iſt. Vollſtändig bewieſen wird die Sache erſt durch die Beobachtung der Fructification, dieſe aber läßt ſich an den bezeichneten Orten ſtets durch ein einfaches Verfahren künſtlich hervorlocken.

Wie ſchon aus dem bisher Angeführten theilweiſe hervorgeht, entwickelt ſich der Pilz um ſo reichlicher und bildet beſonders um ſo leichter Fruchtäſte, je waſſerreicher innerhalb gewiſſer Grenzen die Medien ſind, welche ihn und die Kartoffelpflanze umgeben und je mehr er mit der Luft in Berührung kommt. Das erſte geht ſchon einfach aus den verſchiedenen Fortſchritten hervor, welche man die Blattverderbniß je nach der Witterungsfeuchtigkeit im Großen machen ſieht; das zweite ergibt ſich leicht aus ſeiner Verbreitung im Kartoffelblatte, wo er, bei gleicher Waſſermenge, in dem oberen Theile weit weniger verbreitet iſt und beſonders weit ſeltner fructificirt, als in dem untern luftreichen und durch ſehr zahlreiche Spaltöffnungen mit der äußeren Luft in ſtetem Austauſch ſtehenden. Einmal in das Stengelgewebe gelangt, welches durch eine feſte, nur mit wenigen

Spaltöffnungen versehene Oberhaut weit mehr von der Luft abgeschlossen ist, als das der Blätter, wird dort der Pilz weit schwieriger fructificiren als am letztgenannten Orte, es werden besonders günstige Bedingungen nothwendig sein, damit Fructification überhaupt eintrete. Man kann dies leicht sehen bei künstlichen Aussaaten auf Stengel im Boden wurzelnder Kartoffelpflanzen. Hält man solche, nachdem der Pilz eingedrungen ist, nur mäßig feucht, so verbreitet er sich langsam, aber fortwährend, es entstehen braune Flecken an der Stengeloberfläche, welche fußlang werden können, aber keine Spur von Fructification. Letztere wird dagegen eintreten, wenn man bei gleichbleibender Feuchtigkeit den Luftzutritt durch Abnehmen der Oberhaut befördert, oder unter gleichbleibendem Luftzutritt den Wassergehalt der umgebenden Medien über das bisherige, bei im Freien gewachsenen Pflanzen über das gewöhnliche Maaß steigert. Auf letztere Art gelingt es am leichtesten, durch Hervorlockung von Fruchtästen die Gegenwart des Pilzes in den braunen Flecken der Stengel und Ausläufer nachzuweisen. Völliges Eintauchen in Wasser hat natürlicher Weise keinen Erfolg. Stellt man dagegen die Stengelstücke mit einem Ende in ein offenes Gefäß mit Wasser und sorgt durch Ueberdecken einer Glasglocke oder ähnliche Vorrichtungen dafür, daß die Verdunstung möglichst gehindert und die umgebende Luft möglichst mit Wasserdampf gesättigt werde, so bedecken sich die braunen Flecke schon nach 12 bis 24 Stunden mit Fruchtästen, während sie dabei rasch auch an Umfang zunehmen. Untersucht man mit dem Mikroskop, so findet man die bisher zweifelhaften Myceliumfäden in den Intercellulargängen deutlicher, reichlicher verzweigt, besonders unter der Oberhaut, und hier treiben dieselben jetzt auf die bekannte Weise ihre Fruchtäste, welche theils aus den wenigen Spaltöffnungen hervortreten, zum weitaus größeren Theile aber senkrecht gegen die Wand der Oberhautzellen wachsen, diese durchbohren und quer durch sie ins Freie treten.

Es ist hier der Ort zu bemerken, daß Erscheinungen, wie die am Stengel beschriebenen, auch gar nicht selten an Blättern zu finden sind. Bei trockner Witterung sieht man an diesen oft kleine braune vertrocknete Flecke, denen der Peronospora-Erkrankung in Farbe ähnlich, aber ohne Pilzfructification auf der Oberfläche. Auch im Innern des Gewebes, zumal des vertrockneten, gelingt es nur schwer, zuweilen gar nicht, den Pilz nachzuweisen. Daß derselbe dennoch, wenn auch nur in geringer Menge, vorhanden ist, zeigt sich sobald man die Feuchtigkeit in der Pflanze und ihrer Umgebung steigert. Bringt man solche Blätter in der angegebenen Weise unter Glasglocken, so sind oft schon nach wenigen Stunden die Flecke gewaltig vergrößert und ihre Oberfläche mit Fructification bedeckt. —

III.

Weit mehr noch als die bisher besprochene Krankheit des Krautes hat die Verderbniß oder Erkrankung der Kartoffelknollen allgemeine Aufmerksamkeit erregt und weit mannigfaltiger noch sind die Ansichten, welche man über ihre Ursachen ausgesprochen hat. Es wurde schon in der Einleitung hervorgehoben, daß es nothwendig sei die einfache Fäulniß irgend einer Knolle von der charakteristischen „Krankheit," welche gegenwärtig herrscht, und welche mit dem Auftreten dunkelbrauner flacher Flecke unter der Schale beginnt, mit Ausdehnung der Flecke nach Breite und Tiefe fortschreitet, mit Verjauchung oder Schrumpfen der Kartoffel endet, wohl zu unterscheiden. Es mag hier nochmals hieran erinnert, aber auch nochmals betont werden, daß die weitaus zahlreichsten gegenwärtig vorkommenden Fälle von Kartoffelfäule der in Rede stehenden Krankheit angehören. Die Ansichten über die Ursachen der Knollenverderbniß, um welche es sich hier handelt, gruppiren sich nach der im ersten Abschnitt gegebenen Eintheilung folgendermaßen. Die Ersten erklären Blatt- und Knollenkrankheit zusammen als Folgen einer Entartung der cultivirten Kartoffelpflanzen. Die zweite Reihe von Schriftstellern erklärt sowohl Knollen- als Blattkrankheit aus ungünstiger Bodenbeschaffenheit (fehlerhafter Düngung, übermäßiger Nässe des Bodens u. s. w.) oder ungünstiger, zumal rasch wechselnder Temperatur.

Eine dritte Reihe von Ansichten betrachtet Blatt- und Knollenkrankheit als von einander unabhängig. Und zwar schreiben die Einen, zu denen auch J. Kühn gehört, zwar der Peronospora die Verursachung der Blattkrankheit zu, halten dagegen die Knollenkrankheit für eine Folge der erwähnten ungünstigen Boden- und Temperaturverhältnisse; Andere dagegen sehen besondere, von der Peronospora verschiedene Pilze, welche dem Kraute fehlen aber auf kranken Knollen ziemlich constant auftreten, als die Krankheitsursache der letzteren an, zumal das unten zu besprechende Fusisporium Solani.

Nach einer vierten Auffassung, welcher gegenwärtig wohl die Mehrzahl der Botaniker zugethan sein dürfte, ist die Peronospora, insofern sie die Erkrankung des Krautes bewirkt, die mittelbare Ursache der Knollenverderbniß. Die Zerstörung des Krautes durch die Peronospora muß nothwendiger Weise theils eine Verminderung der gesunden Säfte, welche den in Entwicklung begriffenen Knollen vom Kraute aus zugeführt werden müssen, theils eine krankhafte Veränderung, gleichsam Vergiftung derjenigen zur Folge haben, welche der Knolle in Wirklichkeit noch zukommen; die Ausbildung der letzteren bleibt daher unvollkommen und dies offenbart sich

in dem Braunwerden und endlichen, durch Hinzukommen secundärer Pilzentwicklungen wie der des Fusisporium noch beschleunigten Faulen.

Die letzte der zu erwähnenden Auffassungen, welche wir den schönen Versuchen Speerschneiders verdanken, sieht in der Peronospora die unmittelbare Ursache sowohl der Kraut- als der Knollenverderbniß. Das Mycelium des Pilzes gelangt auf dieselbe Art wie in die Blätter und Laubstengel auch in die Knollen, verbreitet sich hier im Wesentlichen wie in jenen Organen, erzeugt durch seine Gegenwart und Weiterverbreitung zunächst die Bräunung, Humification des peripherischen Gewebes, welcher dann zuletzt die bekannten Erscheinungen totaler Zersetzung folgen.

Allen den erwähnten Ansichten liegen, um dies gleich von vornherein zu bemerken, mehr oder weniger richtige Beobachtungen zum Grunde. Unter denselben ist aber die letztgenannte die allein richtige; sie läßt sich durch höchst einfache Versuche leicht und unwiderleglich beweisen und sie steht mit keiner der Beobachtungen, auf welche die anderen gegründet sind, im Widerspruche.

Der Beweis wird am einfachsten durch folgenden Versuch geliefert. Man halbirt eine vollständig gesunde, rein gewaschene Kartoffelknolle, bringt jede Hälfte mit der Schnittfläche nach oben gekehrt auf ein besonderes Schälchen und schützt eine jede durch Ueberdecken einer kleinen Glasglocke vor etwaigen Versuchsstörungen. Auf den Boden des Schälchens kommt eine dünne Schicht reinen Wassers um die Stücke gehörig feucht zu erhalten. Bringt man nun auf die angefeuchtete Schnittfläche der einen Hälfte eine wenn auch geringe Menge von Sporangien der Peronospora, während die andere ohne solche und vor deren zufälligem Zutritt geschützt unter der Glocke bleibt, und läßt man beide Stücke, mit völlig gleichen Wassermengen versehen, unter völlig gleicher Temperatur, Beleuchtung u. s. w. neben einander stehen, so zeigt sich bei warmem Wetter schon nach 2 Tagen, bei kühlerer Temperatur nach etwas längerer Zeit auch für das bloße Auge deutlich, daß die besäte Hälfte beginnt krank zu werden, die andere gesund bleibt. Und zwar zeigt jene nicht etwa beliebige Zersetzungserscheinungen, sondern alle für die oben bezeichnete Knollenkrankheit characteristischen Eigenthümlichkeiten. Von den besäten Stellen aus beginnt das oberflächliche Gewebe sich zu bräunen, in wenig Tagen ist die braune Färbung über die ganze Schnittfläche verbreitet und in eine Tiefe von durchschnittlich $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie ins Innere gedrungen. Von dem Rande der Schnittfläche aus verbreitet sie sich alsdann über das unter der Schale gelegene Gewebe; zuletzt ist die Kartoffelhälfte größtentheils oder ganz von einer gebräunten, hier etwas dickeren, dort dünneren Gewebsschicht umzogen, welche durchaus alle Eigenschaften zeigt, die bei aus dem Boden

genommenen kranken Kartoffeln ſtets gefunden werden. Schließlich erfolgt wie bei dieſen Zerſetzung des nicht braun gewordenen Gewebes, und zwar, je nachdem ſie mehr oder weniger naß gehalten waren, unter Verjauchung oder Einſchrumpfen. Auf der Schnittfläche ſo behandelter Kartoffelſtücke treten mit dem Beginne der Bräunung weiße Schimmelroſen auf, welche ſich raſch verbreiten, und unter dem Mikroſkop als reich verzweigte und ſporangienbildende Peronospora erweiſen. Auch aus der Schale brechen, nachdem die Bräunung ſich unter dieſe erſtreckt hat, oft dicke Büſchel von Peronospora hervor. Bei Verſuchen mit blauen und rothen Kartoffeln fand ich zuweilen den Pilz nicht farblos ſondern ſeinen Zelleninhalt durch Aufnahme des löslichen Farbſtoffs aus den Knollen lebhaft violett gefärbt.

Ganz anders ſieht es unterdeſſen mit der vor dem Pilz geſchützten Hälfte aus. Ihre Schnittfläche bleibt zunächſt weiß-pulverig von den aus den angeſchnittenen Zellen hervorgetretenen Stärkemehlkörnchen. Später nimmt ſie eine gleichmäßig hellbraune Farbe an, bei deren erſtem Auftreten man an einen Anfang von Erkrankung denken könnte. Allein bei näherer Unterſuchung zeigt ſich, daß es ſich hier um etwas ganz anderes, nämlich um Bildung einer neuen Schale zum Verſchluß der Wundfläche handelt. In den ſtärkemehlführenden Zellen unter den durch den Schnitt verletzten oberflächlichſten löſen ſich die Stärkekörner auf und eine lebhafte Neubildung beginnt, deren Product eine aus mehreren Lagen tafelförmiger Zellen gebildete Haut iſt, welche in Structur und bräunlicher Färbung der normalen Kartoffelſchale völlig gleichkömmt. Nach dieſer Regeneration der Schale zeigen ſolche Hälften nur noch Erſcheinungen, welche man bei geſunden Kartoffeln findet. Dem Lichte ausgeſetzt, werden ſie gleich dieſen durch Bildung von Chlorophyll in ihren Zellen grün, feucht gehalten entwickeln ſie verfrühte Triebe, u. ſ. w. Man kann ſie ſo Monate lang erhalten, nachdem die dazu gehörigen Hälften welche der Peronospora ausgeſetzt waren, längſt verfault ſind.

Das gleiche Reſultat erhält man, wenn man die Sporangien auf Knollen bringt und dieſe in Erde eingräbt. Es iſt dabei gleichgültig, ob man die Sporangien auf die Schnittfläche zertheilter oder auf die Schale unverſehrter reifer oder unreifer Kartoffeln bringt; die Erde braucht nicht naß, ſondern nur mäßig feucht gehalten zu werden. Man applicirt die Sporangien am beſten ſo, daß man irgend einen mit fructificirender Peronospora bedeckten Pflanzentheil auf eine rein gewaſchene, befeuchtete Stelle raſch auftupft ſo daß eine Anzahl Sporangien an dieſer haften bleiben, die Applicationsſtelle durch Auflegen eines Stückes feuchten Löſchpapiers bezeichnet und dann eingräbt. Weniger rein und ſicher wird das Reſultat wenn man die ganzen Peronospora-tragenden Theile, z. B. Blätter, an

die einzugrabende Knolle befestigt. Das Faulen dieser Theile kann das Gelingen des Versuches hindern indem es die Sporangien und Sporen tödtet, oder den wenn auch noch so schwachen Einwurf aufrecht erhalten, die Bräunung der Knolle sei durch eine Ansteckung seitens des faulen Blattes allein hervorgebracht.

Hat man eine mit Sporangien besäte Knolle in feuchte Erde gegraben, so findet man dieselbe nach durchschnittlich 8 Tagen von der besäten Stelle aus erkrankt, die Bräunung des unter der Schale gelegenen Gewebes oft schon über ein großes Stück der Oberfläche verbreitet. Die Erscheinungen der Erkrankung sind durchaus die gleichen wie bei kranken Knollen, welche direkt aus dem Acker oder dem Keller kommen, und von den oben bei dem Versuch unter Glasglocken beschriebenen nur dadurch verschieden, daß sich auf der Oberfläche der erkrankten Stelle keine Pilzfructification zeigt. Man mag den Versuch variiren wie man will, und wie schon Speerschneider gethan hat, das Resultat bleibt stets das gleiche, negative Resultate sind sehr selten; Gegenversuche zeigen, daß nichtbesäte Stücke der zu dem Infectionsexperiment benutzten Knollen oder ganze Kartoffeln, welche den inficirten möglichst gleich sind und durchaus gleich behandelt, aber vor der Peronospora geschützt werden, auch beim Eingraben durchaus gesund bleiben.

Man ist also im Stande durch die Fortpflanzungszellen des Pilzes jede gegebene Stelle einer gesunden Kartoffel krank zu machen, und es werden daher die im Acker krank gewordenen Knollen gleichfalls durch den Pilz direkt erkrankt sein, da dessen Sporangien vom dem Kraute aus fort und fort auf den Boden fallen und durch Wasser den Knollen zugeführt werden können. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Bodens von einem die Blattkrankheit zeigenden Kartoffelfelde finden sich die Sporangien stets in Menge zwischen den Bodentheilchen. Daß jene auch durch den Boden zu den Knollen gelangen können, ist durch den Versuch leicht zu ermitteln. Bringt man Kartoffeln unter eine feuchte einige Zoll tiefe Bodenschicht und auf die Oberfläche letzterer reichliche Peronospora-Fructification z. B. eine Anzahl kranker Blätter, so erkranken jene gleich den direkt mit Sporangien betupften, auch wenn der Boden nur mäßig begossen worden war, und zeigen in ihrem Innern durchaus die gleichen Erscheinungen wie die direkt inficirten. • Meine in dieser Richtung angestellten Versuche wurden mit durchaus pilzfreiem Boden, nämlich mit reinem weißem Sande aus einer Porcellanfabrik angestellt und, um vollkommene Sicherheit über den gesunden Zustand der angewendeten Knollen zu erhalten, diese halbirt und mit der Schnittfläche nach oben gekehrt in Töpfe gebracht, theils 1 bis 2, theils 7 bis 8 Centimeter unter die mit Peronospora besäte Oberfläche.

Sie waren nach 11 Tagen von der Schnittfläche aus alle erkrankt und die Bräunung theilweise schon weit verbreitet.

In welcher Weise die Ansteckung durch die Pilzsporangien erfolgt, ist nach dem oben über die Entwicklung der Peronospora Gesagten leicht vorauszusehen. Die Sporangien verhalten sich auf den angefeuchteten Knollen unter der Glasglocke oder in dem feuchten Erdboden ganz ebenso, wie wenn sie in einen reinen Wassertropfen gebracht worden wären. Sie entwickeln theils Zoosporen, theils treiben sie, wie es oben als Ausnahmsfall beschrieben wurde, direkt Schläuche; letzteres Verhalten kommt bei in den Boden gegrabenen Knollen ziemlich häufig vor, so daß ich früher der irrigen Meinung war, es sei die den auf Knollen gebrachten Sporangien ausschließlich eigene Entwicklungsform. Untersucht man eine mit Sporangien besäte Stelle in den ersten 24 bis 48 Stunden nach Beginn des Versuchs, so findet man die Keimschläuche sowohl die von den Zoosporen als die von den Sporangien direkt getriebenen, wie sie sich durch die Wände der oberflächlichen Zellschichten einbohren. Wo sie auf die Schale gesät waren, wachsen sie senkrecht durch die Korkzellenschichten aus welchen diese besteht, wo sie auf eine Schnittfläche kamen, quer durch den Innenraum der äußersten unversehrten Zellen hindurch, um in dem darunter liegenden Gewebe sofort zwischen den Zellen weiter zu wachsen, theils in den vorhandenen geräumigen Intercellulargängen, theils indem sie die fest aneinanderstoßenden Wände benachbarter Zellen auseinanderdrängend sich einen Weg bahnen. Der Berührung mit dem Pilzfaden folgt hier wie in den Theilen des Krautes die Bräunung von Zellwand und Inhalt, welche sich auch hier langsam über die einer von dem Pilz betroffenen Zelle benachbarten Gewebstheile, die nicht direkt getroffen waren, verbreitet. Der Niederschlag brauner körniger Substanz findet in den Zellen der Knolle besonders reichlich statt, so daß diese in vorgeschrittenen Stadien der Humification oft von einem dunkelbraunen, körnigen Ballen, welcher Stärkekörner einschließt, angefüllt erscheinen. Von der besäten Stelle aus wächst der Pilz gleich wie in den Theilen des Krautes nach allen Seiten hin weiter und zwar bleibt er zunächst in den unter der Oberfläche gelegenen Gewebsschichten; daher die stets zunächst peripherische, die Knolle gleichsam umwachsende Bräunung. Das Mycelium wuchert meist nur zwischen den Zellen; selten findet man, zumal wo das Gewebe eben beginnt weich und faulig zu werden, einzelne größere Zweige deutlich im Innenraum derselben. Dagegen sieht man häufig, doch keineswegs constant von den intercellularen Schläuchen kleine stumpfe Ausstülpungen, deren Länge der des Schlauchdurchmessers etwa gleichkommt, in großer Anzahl ins Innere der benachbarten Zellen eindringen, oder deren Wand

nach innen einstülpen. Die Structur der in der Knolle verlaufenden Schläuche ist der für die krautbewohnenden angegebenen gleich; ihre Dicke oft beträchtlicher, sie haben im Durchschnitt den gleichen Durchmesser wie die Fruchtäste. Fructification tritt, soweit meine Beobachtungen reichen, an den im Boden inficirten und kranken Knollen nie auf, solange sie unversehrt sind, und nicht übermäßig naß gehalten werden.

Es ist durch die angeführten, leicht nachzumachenden Untersuchungen somit nachgewiesen, daß die Erkrankung der Kartoffelknolle in ganz derselben Weise durch das Eindringen des Pilzes unmittelbar erzeugt und durch sein Weiterwachsen verbreitet wird, wie die Bräunung des Krautes. Es kann aber noch eingeworfen werden, daß dies für die künstlich inficirten Knollen wohl seine Richtigkeit haben möge, aber darum noch nicht für diejenigen, welche im Acker oder im Keller krank gefunden werden, wenn auch die Erscheinungen an denselben noch so sehr den künstlich hervorgebrachten gleichen mögen. Es wird daher der Nachweis geliefert werden müssen, daß in jeder kranken Kartoffel der Pilz auch wirklich vorhanden ist; dieser Anforderung kann leichter als irgend einer anderen in unserer Frage entsprochen werden. Kennt man einmal die Myceliumschläuche und ihr intercellulares Wachsthum, so wird man sie auf dünnen Durchschnitten der kranken Stellen mit dem Mikroskope nicht leicht vergebens suchen. Doch hat dies immerhin einige Schwierigkeit, so daß selbst geübte Beobachter, welche Speerschneiders Versuche bestätigt fanden, zu der Ansicht kommen konnten, das Mycelium des Pilzes finde sich in den kranken Stellen zwar constant, aber nur in sehr geringer Menge. Sind die Durchschnitte nämlich ziemlich dick, so läßt sich bei der Undurchsichtigkeit des gebräunten Gewebes meist wenig erkennen; sind sie hinreichend dünn um durchsichtig zu sein, so sind, wegen der beträchtlichen Größe der Zellen, die Wände nur von wenigen derselben vollständig erhalten, die Intercellulargänge nach allen möglichen Richtungen durchgeschnitten und verletzt, es gelingt daher allerdings verhältnißmäßig selten einen Pilzfaden auf so lange Strecken durch einen durchgeschnittenen Intercellulargang oder über die flach ausgebreitete Oberfläche einer Zellenwand verfolgen zu können, daß über seine Bedeutung als Pilzfaden jeder Zweifel beseitigt würde. Hat man unzweifelhafte Pilzfäden gefunden, so sieht man beim Verfolgen ihres weiteren Verlaufes nicht selten, wie sie sich irgendwo in weite, mit körnigem Inhalt erfüllte Intercellulargänge fortsetzen, oder, richtig ausgedrückt, die Intercellulargänge so vollständig ausfüllen, daß ihre ohnehin zarte Wand von der der angrenzenden Zellen nicht deutlich unterscheidbar, und somit der Anschein vorhanden ist, als ob es sich einfach um einen mit körniger Substanz erfüllten Zwischenraum zwischen den Zellen handelte.

In den erkrankten braunen Partien findet man nun solche erweiterte, mit körnigem Inhalt mehr oder weniger reichlich erfüllte Intercellulargänge ungemein häufig, bei den Untersuchungen über die kranken Knollen sind sie mehrfach beschrieben worden, und nach dem Angeführten liegt die Annahme nahe, daß wir sie für nichts anderes als die intercellularen mit körnigem Plasma erfüllten Myceliumschläuche zu halten haben. Den Beweis hierfür auf rein anatomischem Wege, d. h. dadurch, daß man das Gewebe in seine einzelnen Zellen zerlegt und die Myceliumfäden frei aus denselben herauspräparirt, zu führen ist in den meisten Fällen nicht möglich, da die gebräunten Zellen zu fest mit einander verbunden sind, um durch leicht eingreifende Trennungsmittel, z. B. Kochen mit Wasser von einander gesondert zu werden, und andrerseits heftig einwirkende Isolirungsmethoden darum nicht anwendbar sind, weil sie die Wand der Pilzfäden unkenntlich machen würden. Den anatomischen Nachweis liefern eben die Fälle, wo wie angegeben ein zweifelloser Pilzfaden in einem scheinbar nur körnig erfüllten Intercellulargang verfolgt werden kann. Allein es gelingt auf anderem Wege leicht, darzuthun, daß die erweiterten körnigen Intercellulargänge nicht nur einem sie ausfüllenden Pilzschlauche ihr Aussehen verdanken, sondern daß es in der That die an ihre Fructification sicher erkennbare Peronospora ist, welcher die Schläuche angehören.

Es wurde oben gezeigt, daß unser Pilz fructificirt, wenn er, bei reichlicher Feuchtigkeit, mit der Luft in Berührung kommt. Stellt man diese Bedingungen für die im Innern der Knolle befindlichen Schläuche her, indem man jene zerschneidet, befeuchtet und durch Ueberdeckung einer Glasglocke in feuchter Luft erhält, so bedeckt sich oft schon nach 12 bis 24 Stunden, zuweilen erst etwas später, die Schnittfläche mit einem reichlichen Schimmelanflug, der zunächst von üppig fructificirender Peronospora gebildet wird, welcher später andere Schimmelbildungen folgen können. Verfolgt man die Entwicklung jener mit dem Mikroskop, so sieht man die fructificirenden Fäden vielfach aus den scheinbaren erweiterten Intercellulargängen hervorwachsen, diese gleichsam Zweige austreiben, d. h. durch das Austreiben von Zweigen ihre wahre Natur deutlich offenbaren. (Vgl. Fig. 11.). Es läßt sich auf diese Art fast in jeder kranken Kartoffel der Pilz leicht und sicher nachweisen, vorausgesetzt daß dieselbe noch nicht durch und durch faul ist, denn durch die gänzliche Zersetzung des Gewebes wird auch hier der Pilz getödtet. Je mehr gesundes Gewebe noch an der zum Versuche benutzten Knolle ist, desto üppiger findet die Entwicklung des Pilzes statt; er verbreitet sich, wie bei dem Aussaatversuch unter Glasglocke rasch über die Schnittfläche, erzeugt hier die gleichen Erschei-

nungen welche bei jenem Experiment beschrieben wurden, und es wird durch das Angeführte vollständig erklärt, warum bei jenem gleich nach der Aussaat die Fructification reichlich auftritt.

Die auf den Knollen erzogenen Exemplare der Peronospora sind stets ungleich üppiger, als die krautbewohnenden. An der Basis der erstervorgetretenen Fruchtäste entwickeln sich zahlreiche Zweige, welche entweder direkt wieder zu Fruchtästen werden, oder aber auf der Schnittfläche horizontal fortwachsend, ein oberflächliches, überaus reich verästeltetes, einen dicken wolligen Ueberzug bildendes Mycelium darstellen, das fort und fort neue Fruchtzweige treibt. Die Fruchtzweige selbst haben alle wesentlichen Eigenschaften der auf dem Kraute hervortretenden; nur sind sie oft weit größer, reichlicher verästelt und sehr häufig mit Querwänden verschiedener Zahl und Stellung versehen. So entstehen oft ausgedehnte, eine bis zwei Linien hohe, aus reiner Peronospora gebildete Schimmelüberzüge, die an ihrer Oberfläche Massen von Sporangien tragen. Wer Ansteckungsversuche machen und sich dabei vor einer Berührung des zu inficirenden mit einem erkrankten Theile vollständig sicher stellen will, dem ist solches Material besonders zu empfehlen, denn an demselben ist es sehr leicht thunlich, durch Abpinseln oder durch Eintupfen in einen Wassertropfen, von der Oberfläche des völlig reinen Schimmelrasens unzählige Sporangien zu erhalten welche nie mit kranken Kartoffelzellen in direkte Berührung gekommen sind. Daß solche bei den Versuchen alle die oben beschriebenen Resultate geben, bedarf kaum einer besondern Erwähnung. Zum Ueberfluß will ich jedoch bemerken, daß meine Infectionsversuche, um jeden Einwurf abzuschneiden, gerade vorzugsweise mit solchem Material angestellt worden sind.

Das Hervorsprossen von Peronospora aus dem kranken Knollengewebe ist übrigens schon von früheren Beobachtern gelegentlich gefunden, jedoch in seinem ursächlichen Zusammenhange nicht verfolgt und erkannt worden. Mehrfach, z. B. von Fresenius wird des zufälligen Vorkommens der P. auf kranken Knollen erwähnt und Harting sah schon 1845 auf Stücken erkrankten Gewebes, welche er zu Ansteckungsversuchen benutzte, den fructificirenden Pilz und macht besonders darauf aufmerksam wie auffallend sein Erscheinen sei, da die Versuche im December, in einem Local wohin nie krankes Kraut gekommnn war, in durchaus neuen Gefäßen angestellt wurden und es nicht möglich gewesen sei vor dem Auftreten der Fruchtäste eine Spur des Pilzes zu finden. Daß zahlreiche Beobachter, wie z. B. Decaisne mit so vielem Nachdruck das Vorhandensein der Peronospora an den kranken Knollen geradezu bestimmt in Abrede stellen hat lediglich darin seinen Grund, daß sie hier wie beim Stengel, den

Pilz nur auf der Oberfläche des unverſehrten kranken Theiles geſucht haben.

So ſtimmen denn die Reſultate aller Unterſuchungen dahin überein, daß die Knollenkrankheit unmittelbar und in ganz gleicher Weiſe wie die Bräunung des Krautes durch den Pilz verurſacht iſt. Derſelbe kann an jedem beliebigen Orte der Knolle auftreten, indem die Entwicklungsproducte der von dem kranken Kraute aus in den Boden und bis zu den Knollen gelangten Sporangien die Schale jener direkt durchdringen und in das tiefere Gewebe eintreten. Zuweilen erfolgt das Eindringen in die Knollen auch von den fadenförmigen Ausläufern aus, welche jene tragen. Das in den Ausläufer gelangte Mycelium verbreitet ſich bis zur Anheftungsſtelle der Knolle und von hier aus durch das peripheriſche Gewebe der letzteren.

Was über die Anſteckung geſunder Knollen durch kranke bekannt iſt, ſteht mit dem eben ausgeführten in vollem Einklang. Die meiſten, und man kann wohl ſagen ſämmtliche zuverläßige Beobachtungen ſtimmen dahin überein, daß eine ſolche Anſteckung weder aus der Ferne erfolgt, noch bei Berührung ſobald beide Knollen unverſehrt ſind. Auch dafür, daß einer der anderen Pilze, welche auf ſchon kranken Knollen vorkommen, und von denen im folgenden Abſchnitt die Rede ſein wird, eine Anſteckung vermittele, ſpricht keine ſicher conſtatirte Thatſache. Dagegen geben ſchon Brolick und Harting an, daß eine Anſteckung ſtattfindet, wenn Schnittflächen von kranken und geſunden Knollen miteinander in Berührung kommen, oder wenn ein Stück braunen, alſo peronoſporahaltigen Gewebes in die Subſtanz einer geſunden Knolle gebracht wird. Es iſt leicht ſich von der Richtigkeit dieſer Angaben zu überzeugen, und nicht minder leicht zu erkennen, daß die Anſteckung dadurch erfolgt, daß das Peronospora-Mycelium aus der kranken Knolle in das geſunde Gewebe hinüberwächſt um hier die bekannten Erſcheinungen hervorzurufen. Wer ſich auch ohne Mikroſkop davon überzeugen will, der befeſtige auf der Schnittfläche von der Hälfte einer geſunden dicken Kartoffel eine aus einer kleineren, kranken Knolle genommene Scheibe, deren peripheriſches Gewebe gebräunt iſt, Hält man das Ganze feucht, etwa durch Einwickeln in feuchtes Löſchpapier, ſo findet man nach wenigen Tagen auf der geſunden Schnittfläche einen braunen Ring, das genaue Abbild von dem Durchſchnitte der angewendeten kranken Gewebsſchicht. Außen und innen von demſelben iſt das Gewebe geſund, ſelbſt wenn die innere Subſtanz der kranken Knolle ſchon faul geweſen war. In dem braunen Ringe iſt das eingedrungene Mycelium auf die bekannte Art leicht nachweisbar, und von ihm aus verbreitet es ſich bald wie bei den Ausſaatverſuchen.

IV.

Wir sind bei der Untersuchung über die Krankheitsursache ausgegangen von dem Erscheinen des Parasiten auf dem Kraute und haben den Entwicklungsgang betrachtet, den er dort durchmacht und auf welchem er in die Knollen kömmt. Um eine vollständige Kenntniß von dem Krankheitsverlaufe oder von der Entwicklung des Krankheitserregers zu erhalten, ist nun zu untersuchen, wie der Pilz zuerst in das Kraut und auf den Acker gelangt und wie er sich zwischen der Zeit der Kartoffelernte und seinem Auftreten auf dem entwickelten Kraute des nächsten Jahres verhält, wie er überwintert. Es ist von vorn herein denkbar, daß dies auf sehr verschiedene Weise geschehen kann. Zunächst liegt es nahe, an die auf den Blättern so reichlich entwickelten Sporangien zu denken, und wenn es sich darum handelte zu entscheiden, wie sich der Pilz innerhalb seiner Fructificationsperiode, also etwa vom Juli bis zum Herbste, über die Pflanzen eines Ackers oder von einem Felde auf das andere verbreitet, so wäre die Frage leicht entschieden, denn es ist leicht nachweisbar, daß jene Organe während dieser Zeit für die Verbreitung unglaubliches leisten können. Handelt es sich aber um das Verhalten des Parasiten während der jener Periode vorangehenden Zeit, um die Frage nach dem Ueberwintern, so lassen uns wie ich glaube die Sporangien im Stich. Dieselben behalten zwar, wenn sie trocken aufbewahrt werden, ihre Entwicklungsfähigkeit einige Wochen lang, allein soweit meine Untersuchungen reichen erlischt dieselbe nach längerer Zeit und überdauert den Winter nicht. Eine große Quantität von Peronospora-tragendem Kraute stellte ich im September in Gläser und ließ sie im Zimmer an der Luft, vor Fäulniß und Schimmelbildung geschützt, langsam trocken werden. Sehr zahlreiche Versuche, die reichlich erhaltenen Sporangien im darauf folgenden Januar in Wassertropfen, feuchter Luft, feuchter Erde zur Weiterentwicklung zu bringen, blieben erfolglos; sie verhielten sich wie jahrelang im Herbarium aufbewahrte, der geschrumpfte und eingetrocknete Inhalt nahm seine normale und ursprüngliche Beschaffenheit nicht wieder an, am Ende der Cultur trat nur Zersetzung ein. Es sind dies allerdings nur negative Resultate, aber sie zeigen doch zum allerwenigsten, daß die Sporangien bei länger dauernder trockner Aufbewahrung an der Luft sehr leicht ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren und daß daher von den in einem Jahre gebildeten jedenfalls der weitaus größte Theil im folgenden Jahre für die Fortpflanzung des Pilzes unbrauchbar, für seine Nährpflanze unschädlich ist. Noch viel weniger werden die Sporangien an feuchten Orten, zumal im Boden, auf welchem sie im Herbst so reichlich fallen, überwintern können, denn hier erfolgt ja, wie oben gezeigt

wurde, bei hinreichender Feuchtigkeit die Sporenbildung und Keimung schon innerhalb weniger Stunden, ein kurzes Regenwetter genügt um alle Sporangien zu entleeren; und die Annahme, daß etwa die Schwärmsporen oder die Keimschläuche lebensfähig im Boden überwintern könnten, entbehrt jeder Wahrscheinlichkeit. In dem Kartoffelfelde des hiesigen botanischen Gartens, welches während der Erkrankungszeit des Krautes in jeder Handvoll Erde reichliche Sporangien finden ließ, suchte ich diese im Januar und Februar vergebens, obgleich das Feld nach der Kartoffelernte absichtlich unberührt liegen gelassen worden war. Da einzelne Sporangien immerhin erhalten, aber der mikroskopischen Untersuchung entgangen sein konnten, prüfte ich die Erde auf ihren Gehalt von entwicklungsfähigen Keimen noch in anderer Weise. Ich brachte im Januar eine Portion derselben ins geheizte Zimmer, hielt sie sehr feucht und legte möglichst viele zerschnittene gesunde Kartoffeln hinein. Nach den bekannten Thatsachen hätte, wenn irgend erhebliche Mengen von entwicklungsfähigen Peronospora-Keimen vorhanden gewesen wären, alsbald Erkrankung eines oder des anderen Kartoffelstückes eintreten müssen; dieselben blieben aber während mehrwöchentlicher Cultur völlig gesund. Nach allen diesen negativen Resultaten ist den Sporangien zwar die Fähigkeit lebenskräftig zu überwintern vielleicht nicht absolut abzusprechen, aber dieselbe ist gänzlich unerwiesen und jedenfalls nur in sehr seltenen Fällen vorhanden. Eine Erklärung des Ueberwinterns des Pilzes kann somit keinenfalls auf diese Fähigkeit gegründet werden.

Nun könnte zweitens der Kartoffelpilz vielleicht noch andere Keime als die uns bekannten Sporangien und ihre Entwicklungsproducte besitzen, etwa besondere Sporen, welche überwintern, während die bisher besprochenen eine kurze Lebensfähigkeit besitzen. Diese Vermuthung drängt sich auf, weil einerseits sehr viele Pilze mit zweierlei bis mehrerlei Fructification bekannt sind, und von diesen, z. B. von vielen Rostpilzen (Puccinia, Phragmidium u. s. w.) die eine Art der Sporen ihre Entwicklungsfähigkeit bald verliert, während die andere überwintern kann oder oft sogar muß; und weil andrerseits auf den kranken Knollen eine Anzahl von Pilzbildungen im Gefolge der Peronospora vorkommt, welche allezeit keimfähige Sporen bilden können, und von welchen möglich und auch theilweise schon behauptet worden ist, daß sie dem Entwicklungskreise der Peronospora angehören, also zu ihrer Verbreitung dienen können.

Es sind dieses die Schimmelformen, welche sich auf einigermaßen feucht gehaltenen kranken Knollen wohl ausnahmslos zeigen. Wie sehr oft beschrieben worden ist, brechen dieselben an unversehrten Knollen meist in Form rundlicher polsterförmiger Pilzrasen aus der Schale hervor, auf

Riſſen in der Oberfläche und auf der Schnittfläche zertheilter Kartoffeln treten ſie als unregelmäßig verbreitete Schimmelanflüge auf, äußerlich können ſie Peronospora-Raſen ſehr ähnlich ſehen. Das Mycelium dieſer Pilze wuchert innerhalb des erkrankten Gewebes, es dringt von der Peripherie aus immer tiefer in dieſes ein und ſeine Fäden wachſen in außerordentlicher Ueppigkeit durch alle Gewebstheile; ſie fehlen nicht in den Intercellularräumen, durchbohren aber noch öfter die Zellwände, dringen von Zelle zu Zelle, umſtricken die Stärkekörner, dringen, wie Schacht ausführlich beſchrieben hat, in die ſolide Subſtanz dieſer ein, zahlreiche oft reich verzweigte Gänge in dieſelben bohrend, bewirken Zerſetzung und Auflöſung der Stärke, an deren Stelle ſie ſchließlich oft die ganzen Innenräume der Zellen anfüllen. Ihre lebhafte Vegetation befördert die Zerſetzung des kranken Gewebes in hohem Grade. Von den Myceliumfäden der Peronospora ſind ſie, außer durch die Art ihrer Vegetation ſtets durch geringere Dicke und beſonders dadurch verſchieden, daß ſie von zahlreichen Querwänden in cylindriſche Zellen abgetheilt ſind. Die an die Oberfläche tretenden Schimmelbildungen ſind die von dem Mycelium entſpringenden, gleichfalls ſtets mit Querwänden verſehenen, in den hervorbrechenden Polſterchen in ungeheurer Menge eng aneinander gedrängten Fruchtäſte; und zwar zeigt die Unterſuchung dieſer, daß hier mehrere Formen von Schimmelpilzen vorkommen, deren Mycelien nicht ſcharf von einander unterſchieden werden können, während die Fructificationen ſehr bedeutende Differenzen zeigen.

Von dieſen Schimmelpilzen finden ſich zwei ganz beſonders häufig, faſt conſtant, auf den kranken Knollen; der eine iſt von v. Martius Fusisporium Solani, der andere von Harting Spicaria Solani genannt worden. Bei jenem (fig. 12) ſind die Fruchtäſte reichlich und wiederholt verzweigt; die Zweige entſpringen einzeln, oder paarweiſe gegenüberſtehend oder büſchelförmig geordnet von den oberen Enden der Zellen, welche den jeweiligen Hauptſtamm zuſammenſetzen. Auf den Zweigenden letzter Ordnung entſteht je eine ſpindelförmige, etwas gekrümmte Fortpflanzungszelle, deren erſte Anlage der eines Peronospora-Sporangium ähnlich iſt, welche ſich aber, noch im Zuſammenhang mit dem tragenden Zweige, durch Querwände in 2 oder 3 bis 5 Tochterzellen theilt und nach deren Ausbildung abfällt. Die Tochterzellen bleiben ſtets zu einer 2 bis 5-gliedrigen Reihe feſt verbunden (Fig. 12 ,s); jede derſelben iſt eine Spore und hat die Fähigkeit unter günſtigen Bedingungen zu einem Keimſchlauche auszuwachſen. Die Raſen des Fusisporium ſind meiſt weiß oder gelblich gefärbt. Man unterſcheidet von demſelben eine in allen Theilen zartere, mit 2gliedrigen ziemlich geraden Sporenreihen verſehenen Form, die

von Harting F. didymum genannt worden ist, und eine größere, mit 3—5 Sporen in einer Reihe, das ächte F. Solani. Beide gehören dem Entwicklungskreise einer Art an.

Die Fruchtäste der Spicaria (fig. 13) sind aufrecht, in ihrem unteren Theile unverzweigt, oben mit reichlichen Aesten verschiedener Ordnung versehen, welche immer von dem obersten Ende einer ihrem jeweiligen Hauptstamme angehörenden Zelle entspringen. Die untersten Zweige stehen einzeln oder paarweise einander gegenüber, sind gleichfalls aufrecht, dem Hauptstamme fast parallel, gleich hoch wie dieser und demselben in ihrer weiteren Verzweigung gleich. Sämmtliche Zweige letzter Ordnung sammt den Spitzen der Hauptäste, bestehen aus einer einfachen, nach oben hin allmählich fein zugespitzten Zelle, welche an ihrer Spitze die Sporen abschnürt. Man nennt solche sporenabschnürende Zellen, wenn sie durch bestimmte Form und Stellung ausgezeichnet sind Sporenträger, Basidien oder Sterigmen. Nur bei sehr mageren Exemplaren unseres Pilzes entspringen diese einzeln an den Enden ihrer Stammzellen, in der Regel zum mindesten zwei, meist aber 3 bis 5 auf gleicher Höhe. Indem diese sehr zahlreichen Endzweige sämmtlicher untereinander gleichhoher, paralleler Hauptäste dicht aneinander gedrängt stehen, erhält der Gipfel der fructificirenden Fäden das Ansehen eines Büschels oder Pinsels. Auf den Enden eines jeden Sterigma entstehen die Sporen als kleine Anschwellungen, die eine ovale Gestalt annehmen und sich als besondere, leicht abfallende Zellen abgliedern. Ist eine Spore gebildet, so erfolgt unter ihr die Anlage einer zweiten, welche mit ihrer Ausbildung die erstentstandene vorschiebt; in gleicher Weise wird eine dritte, vierte u. s. w. gebildet, so daß allmählich auf jedem Sterigma eine ganze Reihe von Sporen aufsitzt, von welchen immer die unterste die jüngste ist. Um die sich bildenden Sporen wird gleichzeitig eine gummiartige Substanz abgesondert, welche sie in trocknem Zustande fest mit einander verklebt, im Wasser sich löst und so eine Trennung der Sporen von einander bewirkt. Die ursprüngliche reihenweise Anordnung der Sporen eines Büschels oder gar eines aus unzähligen dicht aneinander gedrängten Fruchtfäden gebildeten Schimmelpolsters wird dadurch sehr bald unkenntlich, die ganze zahllose Menge von Sporen läßt sich zu einer weichen Kruste ordnungslos zusammengeklebt abheben, und löst sich im Wasser in eine ungeheure Menge kleiner Sporen auf, welche dann leicht keimen, d. h. einfache Myceliumschläuche treiben. Die Farbe der reifen Sporenanhäufungen, welche den Gipfel der Polster bedecken, ist anfangs rein weiß, später wird sie gelblich und zuletzt meist zimmtfarbig. Einzeln betrachtet erscheinen die Sporen stets ungefärbt.

Dem in der Pilzkunde einigermaßen Bewanderten wird es auffallen,

daß unſere Spicaria nach der gegebenen Beſchreibung ſofort an die Charactere der bekannten Gattungen Penicillium oder auch Verticillium und Acrostalagmus erinnert. Ich glaube ſogar Grund zu der Anſicht zu haben, daß der von Corda als Acrostalagmus cinnabarinus, von Harting als Verticillium lateritium abgebildete Pilz, welcher auf Schalen und Schnittflächen fauler Kartoffeln oft ſehr große ziegelrothe oder zimmtfarbige Ueberzüge bildet, nichts weiter iſt als eine Form der gleichen Art. Die zur Begründung dieſer Anſichten und der richtigen ſyſtematiſchen Stellung unſeres Pilzes nothwendigen Auseinanderſetzungen würden uns aber von dem Zwecke der vorliegenden Schrift allzuweit entfernen; ich habe daher den Namen Spicaria beibehalten, und beſchränke mich darauf, ausdrücklich zu bemerken, daß dieſelbe keineswegs als ſelbſtändige Art, ſondern nur als Glied des reichen Formenkreiſes einer ſolchen zu betrachten iſt. Dasſelbe gilt von dem Fusisporium, welches vielleicht ſogar dem Formenkreis der nämlichen Species angehört; beide Formen ſind wohl jedenfalls Glieder eines Entwicklungskreiſes deſſen entwickeltſte Fruchtformen von den beſchriebenen weit verſchieden ſind und denjenigen Bildungen angehören, welche gegenwärtig als die Abtheilung der Kernpilze (Pyrenomycetes) zuſammengefaßt werden.

Für die Frage, von welcher wir ausgingen iſt dies gleichgültig, denn wenn die genannten Schimmel auch einerſeits mit dem Entwicklungskreiſe dieſes oder jenes Pilzes zuſammenhängen, ſo iſt dadurch ein genetiſcher Zuſammenhang mit der Peronospora auf der anderen Seite nicht von vorn herein ausgeſchloſſen. Zur Beantwortung unſerer Frage haben wir nur zu entſcheiden, ob ſich irgend ein organiſcher und genetiſcher Zuſammenhang zwiſchen dem Mycelium von Fusisporium, Spicaria und dem der Peronospora nachweiſen läßt, und ob unter irgend welchen Bedingungen aus den Sporen von Spicaria und Fusisporium Peronospora, aus den Sporangien dieſer jene anderen Pilzformen entſtehen können.

Wo verſchiedene Pilzformen, ſie mögen einander noch ſo unähnlich ſein, dem Entwicklungskreiſe einer Species angehören, iſt es ſtets möglich durch einen ſolchen Nachweis ihre Zuſammengehörigkeit darzuthun. Für unſere Frage aber liefern alle genauen Unterſuchungen ein verneinendes Reſultat.

In Knollen, bei welchen die oberflächliche Schimmelbildung eben beginnt, findet man häufig die intercellularen querwandloſen Peronospora-Schläuche und die ſtets dünneren mit Querwänden verſehenen Myceliumfäden der anderen Pilze ſo reichlich nebeneinander, daß die Vermuthung wohl aufkommen kann, letztere entſtänden an jenen als dünne Zweige, welche ſich

erſt ſpäterhin durch das conſtante Auftreten von Querwänden, durch ihre weit reichlicheren, Zellwände und Stärkekörner durchwachſenden und zerſtörenden Veräſtelungen von ihren urſprünglichen Stämmen unterſcheiden. Allein es iſt mir trotz aber- und abermals wiederholtem Nachſuchen nie möglich geweſen eine ſolche Entſtehung aufzufinden, und Präparate, welche dieſelbe auf den erſten Blick zu zeigen ſchienen, haben bei genauer Unterſuchung immer erkennen laſſen, daß ein Verhalten vorlag, welches ſehr leicht zu Täuſchungen führen kann. Es kommt nämlich öfters vor, daß ein dünner querwändiger Myceliumfaden mit einem Peronospora-Schlauche lange Strecken weit in dem nämlichen Intercellularraum fortkriecht, wegen ſeiner Zartheit und ähnlichen Inhaltsbeſchaffenheit leicht durch jenen verdeckt und unkenntlich gemacht wird, und dann plötzlich da deutlich hervortritt, wo er von demſelben nach einer andern Richtung hin abbiegt. An dieſer Stelle ſieht es dann oft aus, als ob ein dünner querwändiger Aſt von dem Peronospora-Schlauche entſpränge; bei ſorgfältigem Nachſuchen ſtellt ſich aber ſtets heraus, daß dies nicht der Fall, der wahre Sachverhalt vielmehr der angegebene iſt.

Bei Ausſaaten der Peronospora-Sporangien findet man nie eine andere als die oben beſchriebenen Entwicklungen. Die Keimſchläuche gehen, wenn ſie den zum Eindringen und der Weiterentwicklung günſtigen Boden, d. h. geſunde Theile der Kartoffelpflanze nicht finden, immer bald zu Grunde; im anderen Falle iſt Peronospora ihr einziges Entwicklungsproduct.

Sät man Spicaria oder Fusisporium, ſo entwickeln ſich auf günſtigem Boden aus den Sporen wiederum Exemplare der ausgeſäten Form, nie Peronospora. Den günſtigen Boden bilden kranke oder faule Kartoffeln, ſonſtige faulende Pflanzentheile. Bei wiederholter Ausſaat auf geſunde lebende Theile des Kartoffelkrautes fand ich zwar ſehr zahlreiche Keimungen der Sporen, aber nie eine Spur des Eindringens von Keimſchläuchen und nie ein nachheriges Auftreten der Peronospora am Kraute.

Zahlreiche, beſonders mit Fusisporium zu verſchiedenen Zeiten und von einer Anzahl Beobachter angeſtellte Verſuche, welche zunächſt den Zweck hatten, die Anſicht zu prüfen, nach welcher die Knollenkrankheit durch dieſen Pilz verurſacht und demgemäß durch Uebertragung der Sporen desſelben eine Anſteckung geſunder Knollen bewirkt wird, haben kein einziges Reſultat ergeben, welches mehr beſagte, als daß die beſäten Knollen zuweilen faulen können, wie jede andere geſunde Kartoffel. Von den characteriſtiſchen Erſcheinungen des Krankwerdens, wie wir ſie nach Ausſaat der Peronospora ausnahmslos auftreten ſehen und durch welche alſo eine Entwicklung dieſes Pilzes angezeigt würde, findet ſich nirgends eine

deutliche Erwähnung; in der weitaus größten Mehrzahl der mitgetheilten Fälle blieben die inficirten Knollen vollkommen gesund. Ebenso verhält es sich bei Anwendung der Spicaria. Sät man die Sporen beider Pilze auf die Oberfläche gesunder Knollen, so keimen sie leicht, wenn für hinreichende Feuchtigkeit gesorgt ist. Allein eine üppigere Entwicklung des Pilzes, ein Eindringen des Myceliums in das gesunde Gewebe und ein Erkranken dieses in Folge davon findet nicht statt, mögen die Knollen unter Glasglocken oder in die Erde eingegraben sein. Sät man die Sporen auf die Schnittfläche halbirter Knollen, wie bei dem zuerst beschriebenen Peronosporaversuch, so kann sich bei hinreichender Feuchtigkeit ein kümmerliches Mycelium entwickeln, welches sich von den allmählich zersetzten Theilen der oberflächlichen angeschnittenen Zellen ernährt und magere Fruchtäste treibt. Dabei hat es aber sein Bewenden; unter der Schnittfläche entsteht, wie oben beschrieben wurde, eine neue Schale und das von dieser geschützte Gewebe bleibt gesund.

Nirgends läßt sich also die Entwicklung von Peronospora oder das Auftreten von Erscheinungen, wie sie diese verursacht, nach Aussaat der in Rede stehenden Sporen nachweisen, nirgends findet sich ein Eindringen der Keime von Fusisporium in Kraut oder Knollen, so lange diese nicht faul sind, nirgends ein genetischer Zusammenhang der Mycelien. Es liegt also kein Grund vor, die besprochenen Pilze zu dem Formenkreis der Peronospora zu zählen und anzunehmen, daß sie es seien, welche die Uebertragung des Kartoffelverderbens auf den Acker bewerkstelligen. Ihr Auftreten auf schon kranken oder faulen Theilen und das gänzliche Ausbleiben oder höchstens kümmerliche Vorschreiten ihrer Entwicklung auf der Oberfläche gesunder lebender Theile zeigt deutlich, wie sie eben auf faule Substanzen angewiesen, ächte Saprophyten sind. Dasselbe gilt von den übrigen Schimmelpilzen, welche hie und da auf kranken Kartoffeln gefunden werden, und vielfach beschrieben worden sind. Ihr nichts weniger als constantes Auftreten schon zeigt, daß die sich immer gleichbleibende Erkrankung der Knollen nicht von ihnen verursacht sein kann, und ist dies auch nie behauptet worden. Zudem sind dieselben zumeist keineswegs ausschließlich auf kranken Erdäpfeln beobachtet, manche gehören vielmehr zu den allgemein verbreiteten Schimmelformen, wie z. B. das auch auf Kartoffeln nicht seltene Penicillium glaucum, Eurotium, Trichothecium roseum und andere, deren specielle Aufzählung und Beschreibung hier keinen Zweck hätten. Wie die erst besprochenen Schimmel so constant in die kranken Kartoffeln kommen können, erklärt sich leicht, wenn man beachtet, daß wohl jede Kartoffel, auch die gesundeste, schon aus dem Boden eine Menge verschiedenartiger Pilzanfänge, sowohl Sporen als auch besonders kleine, un-

scheinbare Myceliumfäden mitbringt. Untersucht man die noch so reingewaschene Schale irgend eines Exemplars, so wird man dieselben wohl niemals auf oder zwischen den äußeren Zelllagen der Schale vermissen. Daß sich nach dem Ausgraben, zumal in den ohnehin meist schimmelreichen Kellern, diese Pilzanfänge nichts weniger als vermindern ist klar. Bei gesunden Knollen unterbleibt ihre Weiterentwicklung, sie lauern gleichsam auf eine Zersetzung des Gewebes, mit deren Beginn sie sich weiter ausbilden, von den Producten der Fäulniß einerseits sich ernährend und andererseits diese durch ihre Vegetation mächtig beschleunigend. —

Eine Vielgestaltigkeit der Fructification könnte aber noch auf andere Weise, als die eben besprochene, das Ueberwintern und die Uebertragung des Kartoffelpilzes auf dem Acker bewirken. Die Gattung Peronospora enthält eine sehr große Anzahl von Formen und Arten, welche auf den verschiedensten Pflanzen ungemein häufig schmarotzen, sowohl auf wildwachsenden, auf Unkräutern wie z. B. die P. effusa auf dem gemeinen Gänsefuß, als auch auf Culturgewächsen; von letzteren wird z. B. der Gartenlattich durch die P. gangliiformis Berkeley, die Leguminosen, zumal die Luzerne (Medicago sativa) und der Incarnatklee durch P. grisea oft nicht unbedeutend befallen und beschädigt. Die Vegetation und Structur des Myceliums dieser Arten ist der von P. infestans gleich, die Fruchtäste entstehen in der gleichen Weise, und bilden an ihren Enden Fortpflanzungszellen, welche nach Entwicklung und Form den Sporangien des Kartoffelpilzes wenigstens sehr ähnlich sind. Verschieden von letzteren sind alle bekannten Arten dadurch, daß ihre Fruchtäste regelmäßig und wiederholt gabeltheilig sind, und viele durch das Verhalten der auf den Fruchtästen gebildeten Fortpflanzungszellen. Diese sind nämlich bei einer großen Reihe von Formen nicht Sporenbehälter, Sporangien, sondern Sporen. Sie erzeugen aus ihrem Inhalt keine ausschwärmenden Tochterzellen, sondern treiben direkt je einen Keimschlauch, welcher gerade wie die Keime des Kartoffelpilzes die Oberhaut durchbohrend in das Gewebe der Nährpflanze eindringt*).

Die meisten dieser Arten, wahrscheinlich alle, haben ferner außer der

*) So verhalten sich constant P. gangliiformis, P. parasitica, P. Alsinearum, P. calotheca, P. Papaveris, (von Pap. somniferum und Rhoeas) sowie die schwer von einander unterscheidbaren, theilweise schon als P. effusa und grisea zusammengefaßten Formen, welche Chenopodium, Plantago major, die Arten von Ranunculus, Veronica und Leguminosen bewohnen. Zoosporen bildet, in ganz ähnlicher Weise wie die P. infestans, P. Umbelliferarum, und eine ganz eigenthümliche, zwischen der Zoosporenbildung und einfachen Schlauchkeimung gleichsam die Mitte haltende Entwicklung kommt der P. macrocarpa, und P. densa zu.

durch die beschriebenen Fruchtäste vermittelten eine zweite, und zwar eine geschlechtliche Fortpflanzung. Es würde zu weit führen, diese hier ausführlich zu beschreiben; für unseren Zweck genügt die Angabe, daß die Enden kurzer, innerhalb des Gewebes der Nährpflanze verbleibender Myceliumzweige zu großen blasigen Schläuchen anschwellen, den weiblichen Geschlechtsorganen, aus deren Inhalt sich nach einer Befruchtung durch eigenthümliche männliche Organe je eine große kuglige mit dicker dunkelbrauner Haut versehene Spore bildet. Die Keimung dieser Sporen ist noch nicht bekannt, ihre Structur aber zeigt schon deutlich an, daß sie jedenfalls einen längern Ruhezustand durchmachen und ohne Zweifel auch überwintern können, zumal wenn sie, wie dies öfters geschieht, erst im Herbste gebildet werden und mit dem absterbenden Laube zu Boden fallen. Bei der Kartoffelperonospora kommen wenigstens in unseren Gegenden Geschlechtsorgane nicht vor, oder doch nur als außerordentliche Seltenheit, wenn nämlich das von Montagne einmal an Kartoffelkeimen beobachtete und als Artotrogus hydnosporus beschriebene Gebilde hierher gehören sollte. Ein Ueberwintern unseres Pilzes durch constant von ihm erzeugte derbwandige Dauersporen kann also in unsern Gegenden nicht stattfinden. Bei der Aehnlichkeit der Kartoffelperonospora mit den anderen Arten einerseits und der für viele Pilze bestimmt nachgewiesenen Vielgestaltigkeit andrerseits wäre es nun aber denkbar, daß die als Arten unterschiedenen Bildungen nur Formen ein und derselben Art, ihre Verschiedenheiten nur durch die mancherlei Nährpflanzen auf denen sie vorkommen, bedingt seien. Alsdann könnte dieser Pilz durch die auf wildwachsenden Pflanzen erzeugten Dauersporen überwintern, im Frühling auf diesen sich weiterentwickeln, Sporen auf den hervortretenden Fruchtästen bilden und durch diese leicht auf die Kartoffelpflanze und von dieser wieder auf Ackerunkräuter übertragen werden. Versuche, welche zur Prüfung dieser Annahme angestellt wurden, haben dieselbe als durchaus unhaltbar erwiesen. Wäre sie richtig, so müßte sich aus den Sporen anderer Arten auf der Kartoffel die Peronospora infestans erziehen lassen und umgekehrt. Es wurden nun Sporen von Per. Alsinearum und P. effusa Chenopodii theils auf Kraut, theils auf gesunde Knollen der Kartoffel gesät; sie keimten wie in reinem Wasser, ihre Schläuche drangen nicht ein, Peronospora trat nicht auf. Umgekehrt säte ich Sporangien der P. infestans auf das Laub dreier Pflanzen, welche in der freien Natur besonders häufig von Peronospora bewohnt werden, nämlich Stellaria media, Ranunculus repens, Aegopodium Podagraria. Zoosporen bildeten sich und keimten reichlich. Aber ihre Keime verhielten sich auf den Blättern wie auf Glasplatten, und nach wochenlanger Cultur blieben die Pflanzen vollkommen

pilzfrei und gesund. Besonders bemerkenswerth ist dabei der Erfolg der Aussaat auf Aegopodium, da diese Pflanze von einer Peronospora, welche gleich der P. infestans Zoosporen bildet, also am wahrscheinlichsten mit dieser in den Formenkreis einer Art gehören könnte, heimgesucht wird.

Hält man diesen Resultaten den Umstand gegenüber, daß es leicht gelingt alle Peronosporen aus ihren Sporen zu erziehen, wenn man diese auf der richtigen Nährpflanze zum Keimen bringt, so sind dieselben für den Satz vollkommen beweisend, daß die P. infestans ein der Kartoffel eigener, von den Arten, welche die wildwachsenden Pflanzen bewohnen, specifisch verschiedener Parasit ist.

Man muß also nach einem andren Wege suchen, auf welchem unser Pilz überwintert und in den Acker gebracht wird. Die Nachsuchungen, welche in dieser Richtung angestellt werden, ergeben, daß dies durch das Mycelium geschieht, welches den Winter über in den Knollen lebenskräftig bleibt und im Frühjahr mit diesen in den Acker gebracht wird um sich mit der Kartoffelpflanze weiter zu entwickeln. Zur Erläuterung dieses Verhältnisses müssen zwei allgemeine Sätze vorausgeschickt werden. Erstens nämlich kann das Mycelium vieler in perennirenden Pflanzen schmarotzender Pilze in den ausdauernden Theilen jener jahrelang mitausdauern, um zuletzt oder alljährlich Zweige in das Laub zu senden, die hier reichlich wuchern und fructificiren; und zweitens kann oder muß auch in einjährigen Pflanzentheilen der Parasit von dem Orte aus wo er eindringt bis zu demjenigen, wo er fructificirend gefunden wird, innerhalb der Nährpflanze oft lange Strecken durchwachsen, gleichsam durchwandern. Letzterer Satz wurde zuerst durch J. Kühns schöne Beobachtungen an dem Pilze des Waizenschmierbrands nachgewiesen, dessen Keime am Boden in die Basis der jungen Pflanze eindringen um durch den heranwachsenden Stengel als unscheinbare Myceliumfäden bis in die Fruchtknoten zu wachsen, sich hier massenhaft zu verzweigen und zu fructificiren. Für das Perenniren und Ueberwintern des oft sehr unscheinbaren Myceliums in dem Gewebe der Nährpflanze könnten besonders von den Rostpilzen und von manchen Arten der Gattung Peronospora selbst viele Beispiele angeführt werden, deren specielle Beschreibung jedoch zweckmäßiger anderwärts gegeben werden wird. Es genügt hier auf dieses unter den Schmarotzerpilzen sehr verbreitete Verhalten im allgemeinen aufmerksam zu machen, der noch ziemlich herrschenden und von mir selbst*) früher vertretenen unrichtigen Ansicht gegenüber, daß die Parasiten immer an dem Orte oder doch ganz

*) Brandpilze, S. 122.

nahe bei demſelben eingedrungen ſeien, wo man ſie fructificirend findet. Letzteres iſt allerdings häufig, und zwar für beſtimmte Arten, beſtimmte Fortpflanzungsorgane und beſtimmte Entwicklungszuſtände der Nährpflanzen der Fall; es findet ja auch bei Ausſaat von Schwärmſporen unſerer Peronospora auf feucht gehaltenes Kartoffelkraut ſtatt. Aber auch für das Perenniren und Wandern des Myceliums bietet gerade unſere Peronospora ein Beiſpiel dar.

Der Verſuch, durch welchen oben das conſtante Vorhandenſein der Peronospora in dem kranken Gewebe nachgewieſen wurde, zeigt zugleich, daß das Mycelium daſelbſt zur Weiterentwicklung fähig bleibt; denn er gelingt zu jeder Zeit, im Herbſte wie im Frühjahr, ſobald die der Peronospora ſtets nachtheilige Fäulniß und ſecundäre Schimmelwucherung noch nicht bis zur Tödtung derſelben vorgeſchritten ſind. Mit jedem nur wenig erkrankten Stücke Kartoffel kommt alſo eine Portion entwicklungsfähiger Peronospora in den Boden des Ackers. Hier kann ſich das Mycelium auf zweierlei Weiſe weiter entwickeln. Iſt die kranke Partie durch Schnitt oder durch den Biß eines Thieres bloß gelegt, ſo können in lockerem, mäßig feuchtem Boden wie unter Glasglocken an derſelben Fruchtäſte der Peronospora hervortreten und friſche Sporangien gebildet und in den Boden gebracht werden. Ich fand ſolche auf zerſchnittenen kranken Knollen, welche ich in Blumentöpfen bis zwei Zoll unter der Oberfläche der Erde cultivirte.

In feſtem Boden, größerer Tiefe, und bei unverletzten Knollen treten keine Fruchtäſte auf; ihre Bildung an der Oberfläche der Knollen wird daher bei der Cultur im Freien kaum in Betracht kommen. Von um ſo größerer Bedeutung dagegen iſt die zweite Form, in welcher ſich das in der Knolle enthaltene Mycelium fortentwickeln kann. Wenn an der Kartoffel Triebe entſtehen, ſo wächſt es in dieſe hinein, und, dem Längenwachsthum derſelben folgend, mit ihnen über den Boden. Iſt das Mycelium in ſehr großer Menge in einen Trieb getreten, ſo wird dieſer bald getödtet; an kranken Knollen, welche ausgetrieben haben, findet man nicht ſelten einen bis mehrere Zoll lange ſchwarzgewordene Triebe, deren Parenchym von maſſenhaftem Peronospora-Mycelium durchwuchert wird, aus welchem man durch den bekannten Kunſtgriff die Fructification hervorlocken kann. Iſt das Mycelium minder reichlich eingedrungen, ſo kann der Trieb äußerlich vollkommen geſund erſcheinen und auch im Innern nur wenige gebräunte Zellen zeigen, wenngleich der Pilz in demſelben ſehr leicht nachweisbar iſt.

Mit dem Nachweis aber, daß der Kartoffelverderber in der Knolle lebenskräftig überwintert, in die Triebe zu wachſen und mit ihnen über

den Boden zu treten fähig ist, haben wir zugleich die Möglichkeit, ja geradezu die Nothwendigkeit dargethan, daß selbst durch eine oder wenige Peronospora-haltige Saatkartoffeln einem Acker und einer ganzen Flur der Pilz und mit ihm die Krankheit zugeführt wird, um sich je nach Gunst oder Ungunst äußerer Agentien mehr oder weniger weit zu verbreiten.

Ist der Pilz in einem jungen Triebe nur wenige Zoll über den Boden getreten, und hat sich das Mycelium in jenem reichlich entwickelt, so wird es, wie Versuche leicht zeigen, alsbald ein Braunwerden und Absterben des Triebes bewirken, dessen Zugrundegehen aber wegen seiner geringen Höhe auf dem Acker um so mehr unbemerkt bleiben, als sich ringsumher, selbst aus der nämlichen Saatknolle, gute, kräftige Triebe entwickeln. Tritt feuchte Witterung ein, so wird an der Oberfläche des Triebes, welcher bei geringer Höhe ohnehin schon von der feuchteren Luftschicht dicht über dem Boden umgeben ist, in höchstens 15 bis 18 Stunden reichliche Fruchtbildung der Peronospora eintreten; ein einziger Regen ist hierzu jedenfalls mehr als genügend. Ist auf diese Weise einmal eine Bildung frischer Fructification auf dem Acker irgendwo erfolgt, so ist, bei der großen Zahl in welcher die Sporangien stets entstehen, der Leichtigkeit mit welcher dieselben von ihren Stielen abfallen und auf benachbarte Triebe oder auf den Boden gelangen können, bei ihrer Fähigkeit jedenfalls einige Wochen hindurch lebendig zu bleiben und bei der außerordentlichen Schnelligkeit endlich, mit welcher unter den günstigen Bedingungen ihre Weiterentwickelung erfolgt, die Verbreitung des Pilzes über den Acker nicht nur erklärt, sondern fast unabweisbar, so gering auch seine ersten Spuren gewesen sein mögen.

Die Menge der Sporangien, welche auf einem nur kleinen Triebe erzeugt werden, ist eine schon sehr beträchtliche, auch wenn man bei ihrer annäherungsweisen Schätzung und Berechnung von sehr niederen, in der Natur meist weit übertroffenen Ansätzen ausgeht. Aus der Messung von Länge und Breite der Oberhautzellen eines jungen, halberwachsenen Stengelstücks berechnet sich, daß etwa 3240 dieser Zellen auf eine (pariser) Quadratlinie gehen. Tritt aus je der 50ten Zelle ein einziger Fruchtfaden hervor, und trägt derselbe nur drei Sporangien, so werden auf einer Quadratlinie etwa 200 Sporangien gebildet. Ein cylindrisches Stengelstück von 1‴ Höhe und 2‴ Durchmesser hat eine Oberfläche von über 75 Quadratlinien; ist es ganz von Peronospora befallen, so werden auf ihm 15000 Sporangien entstehen. Weit höher steigt die Fruchtbarkeit des Pilzes auf den Blättern. Berücksichtigen wir nur die untere Blattfläche, so kommen auf eine Quadratlinie derselben wenigstens 1090 Spaltöffnungen. Wenn aus jeder dieser nur ein Fruchtast hervortritt und drei Sporangien trägt so werden von letztern auf 1 Quadratlinie 3270 gebildet.

Bedenkt man nun, daß ein Sporangium mindeſtens 6 Schwärmſporen erzeugt, aus deren jeder ein neues, in die Kartoffelpflanze eindringendes Pilzmycelium werden kann, ſo wird gewiß zugegeben werden müſſen, daß auch von einem ſehr kleinen Verbreitungsherde aus, ſelbſt unter ungünſtigen Bedingungen für den Pilz wenigſtens einige neue Exemplare desſelben auf benachbarte Pflanzen gelangen können. Jede dieſer letzteren ſtellt ein neues Verbreitungscentrum für die Paraſiten dar und es liegt auf der Hand, daß die Zahl derſelben unter allen Umſtänden in ungemein raſch ſteigendem Verhältniß wachſen muß.

Daß aber der Pilz, wenn einmal reife Sporangien auf dem Acker ſind, ſich wirklich weiter verbreitet, dafür bürgt die große Leichtigkeit, mit welcher die Sporen gebildet werden, keimen und ihre Keime in die Kartoffelpflanze einbohren. Es wurde oben gezeigt, daß, wenn Sporangien in einen Waſſertropfen oder in feuchten Boden gelangen, oft ſchon nach einer, durchſchnittlich etwa nach 3 Stunden die Entleerung der Sporen erfolgt, und daß dieſe höchſtens eine halbe Stunde ſpäter zu keimen beginnen. Auf Theilen der Kartoffelpflanze fand ich in einigen Verſuchen ſchon drei Stunden nach der Entleerung der Sporen die Keimſchläuche im Begriff die Oberhautzellen zu durchbohren; nach etwa 12 Stunden finden ſich die Keimſchläuche ſtets ſchon tief in oder durch die Oberhautzellen gewachſen. Haftet alſo ein Sporangium irgendwo am Kartoffelkraut, ſo kann im ſchlimmſten Falle ſchon ein vierſtündiger Regen, Thauniederſchlag oder dergleichen Sporenbildung und Eindringen der Keime möglich machen; ein oder mehrere Regentage aber ſtellen daſſelbe vollkommen ſicher, und der auf Laub und Boden tropfende Regen trägt überdies noch viel zur Verbreitung der Sporangien bei. Einmal in das Gewebe der Kartoffelpflanze gelangt, bleiben die Keimſchläuche lebens- und fortbildungsfähig ſo lange ihre Nährpflanze nicht ſelbſt abſtirbt. Sie können wenn trocknes Wetter eintritt langſam, unbemerkbar weiterwachſen, vielleicht auch längere Zeit hindurch völlig ſtille ſtehen, um aber ſofort eine lebhafte Weiterwucherung aufzunehmen ſobald mit reichlicher Waſſerzufuhr günſtige Entwicklungsbedingungen für ſie eintreten. Es iſt leicht, ſich durch Verſuche zu überzeugen, daß von irgend einem unſcheinbaren Triebe aus, auf welchem Peronospora fructificirt, die Anſteckung des Krautes benachbarter Pflanzen erfolgt, ohne weitere Kunſthülfe, als daß man die Pflanzen zuweilen mit etwas Waſſer beſpritzt.

Es iſt noch ein zweiter Weg möglich, auf welchem der Pilz in den Trieben weiterwachſen kann. Eine Reihe paraſitiſcher Pilze, ſelbſt Arten von Peronospora, welche in Knollen oder anderen Stengelorganen den Winter überdauern, haben die Eigenthümlichkeit, daß ſie ohne von außen wahrnehmbare Veränderungen hervorzubringen, durch die ſich ſtreckenden

jungen Stengel und Zweige emporwachsen, in die Blätter eintreten, und hier sich massig entwickeln um zu fructificiren und Erkrankungen zu erzeugen, welche das Dasein des Pilzes erst verrathen. Es wäre möglich, daß sich auf diese Weise der Kartoffelpilz dann entwickeln könnte, wenn er in nur geringer Menge aus der Knolle oder dem Boden in Laubstengel gelangt. Einige Versuche, die ich darüber angestellt habe, machen mir sogar sehr wahrscheinlich, daß es sich wirklich oft so verhält; doch sind dieselben noch zu wenig gegen Einwürfe sicher gestellt, als daß ich darüber mehr denn die Vermuthung aussprechen möchte.

Die Verbreitung des dem Acker in den Knollen zugeführten Pilzes erfolgt zunächst jedenfalls langsam und ohne das Wachsthum der meisten Laubtriebe, denen er nach und nach zugeführt wird, merklich zu beeinträchtigen. Auch dies läßt sich durch Versuche bestimmt feststellen, bei welchen doch, da sie eben die Vegetation des Pilzes kennen lehren sollen, für diesen immer weit günstigere Bedingungen hergestellt sind, als sich im Freien oft finden mögen. Bei Aussaaten auf kräftige belaubte Stengel, welche ich im Zimmer machte, und in welchen jedenfalls Hunderte von Keimen an den besäten Stellen eingedrungen waren, brauchte der Pilz 29 Tage um sich in einem Falle 8 Zoll, in einem anderen 4 Zoll längs des Stengels auszubreiten. Fructification des Pilzes trat dabei nicht auf und die Versuchspflanzen fuhren kräftig fort sich zu belauben und zu verzweigen.

Sät man den Pilz auf Blätter, so bleiben dieselben oft lange anscheinend völlig gesund, auch wenn die mikroskopische Untersuchung nachweist, daß ein Eindringen der Keime sofort nach der Aussaat stattgefunden hat. Diese Thatsachen erklären, warum die Krankheit nicht sogleich alle Triebe eines Ackers, dem sie durch Knollen zugeführt war, ergreift und zerstört, sondern stets erst zu einer Zeit massenhaft auftritt, in welcher die Laubsprosse der Kartoffelpflanze die Höhe ihrer Entwicklung nahezu erreicht haben. Während der langsamen ersten Vermehrung der unscheinbaren Bildungsherde des Parasiten ist die Vegetation seiner Nährpflanze ungestört, dieselbe fährt fort sich zu belauben und zu verzweigen, eilt jenem gleichsam in der Entwicklung voran. Je weiter ihr Entwicklungsgang fortschreitet, um so rascher wächst, wie oben ausgeführt wurde, die Vermehrungsfähigkeit des Pilzes, und je üppiger dabei die Nährpflanze sich entfaltet, um so mehr Angriffspunkte bietet sie dem Parasiten dar. So ist es leicht begreiflich, warum jene unscheinbaren Anfänge auf der sich belaubenden Pflanze erst ganz allmählich an Zahl zunehmen und auf der reich belaubten endlich in einer Häufigkeit auftreten, welche ein zerstörendes Ueberhandnehmen des Schmarotzers dann zu Stande kommen läßt, wenn in der bezeichneten Vegetationszeit äußere Agentien seine Wucherung begünstigen. Künstlich kann

man den ganzen Entwicklungsgang willkürlich beſchleunigen und zu jeder Jahreszeit die Blattkrankheit der Kartoffel mit allen Erſcheinungen, die ſie auf dem Felde darbietet, erzeugen. Ende Februar brachte ich im Warmhaus drei kräftige, in Töpfe gepflanzte Kartoffelſtöcke dicht neben einige künſtlich inficirte kleine Triebe, auf welchen Peronospora fructificirte. Sämmtliche Verſuchspflanzen wurden häufig gleichzeitig begoſſen, und das Laub mit Waſſer beſpritzt und binnen kurzem war auf den Blättern der geſunden Triebe die Peronospora angeſiedelt; die Stöcke boten genau den gleichen Anblick dar wie die eines kranken Kartoffelfeldes im Auguſt, Blättchen für Blättchen wurde von den Paraſiten ergriffen und in einigen Wochen war das Kraut beſagter Stöcke vollſtändig getödtet, während etwa 100 Triebe von gleichzeitig in Töpfe gepflanzten Kartoffeln gleicher Sorte, die vor der Anſteckung geſchützt wurden, noch 2 Monate ſpäter völlig geſund ſtanden.

Wenn es nun aber gewiß iſt, daß eine oder einige Peronospora-Mycelium enthaltende Saatkartoffeln, welche auf einen Acker gelangen, denſelben total inficiren können oder müſſen, ſo iſt damit die Häufigkeit, das gegenwärtig wenigſtens auf dem Kraute faſt conſtante Auftreten des Pilzes vollſtändig erklärt. Denn daß einzelne ſolcher Knollen in einem oder einigen Scheffeln und ſelbſt geringeren Mengen von Saatgut dem Felde in der That zugeführt werden, iſt gegenwärtig wohl unvermeidlich. Man wird allerdings nirgends gänzlich verdorbene und ſchimmelige Knollen auslegen, aber daß man bei der Cultur im Großen nicht darauf achtet, daß die Saatknollen womöglich von jeder Spur der Krankheit frei ſeien, iſt für die Mehrzahl der Fälle wohl nicht zu bezweifeln. Sagt doch ſelbſt ein ſo erfahrener, vorſichtiger und mit Phyſiologie und Pathologie der Pflanzen ſo vertrauter Landwirth wie J. Kühn, man könne kranke Kartoffeln, welche in der Zerſetzung noch nicht zu weit vorgeſchritten ſind, recht wohl zur Saat verwenden und aus ihnen kräftige Pflanzen erziehen. Aber ſelbſt wenn man auch öfters die Ausſaat deutlich erkrankter Kartoffeln vermieden hat, kann bei Culturen im Großen eine völlige Vermeidung des Einbringens von Peronospora in den Acker nicht wohl möglich geweſen ſein. Es iſt eine häufig beſchriebene Erſcheinung, daß bei mäßig erkrankten Knollen, welche trocken und vorſichtig aufbewahrt werden, die Erkrankung nicht nur oft ſtille ſteht, ſondern daß das braungewordene Stück ſogar ſehr oft von dem geſunden Theile ſcharf abgeſchnitten, letzterer geſchützt wird, indem an der Grenze beider Theile das geſunde Gewebe eine Korkſchicht bildet, gleich derjenigen aus welcher die Kartoffelſchale beſteht. Bei hinreichender Feuchtigkeit vermag der Pilz jedoch, wie der Verſuch zeigt, durch jene Korkſchale hindurch weiter vorzudringen. Ganz die gleiche Erſcheinung findet oft in ſehr kleinem Maaßſtabe ſtatt, es finden ſich oft kleine, kaum $\frac{1}{3}$ Linie dicke

höchstens wenige Linien breite Stücke des peripherischen Gewebes braun gefärbt, durch eine Korklage von dem Gesunden abgegrenzt und in jenen ist der Pilz oft nachweisbar. Die Entstehung solcher Stellen erklärt sich einfach so, daß hier der Pilz eingedrungen ist, nachdem die Knolle reif geworden, und kurz bevor sie aus dem Boden genommen und ins Trockne gebracht oder der Boden selbst sehr trocken geworden war. Die Verbreitung des Pilzes konnte dann nur gering um sich greifen.

Solche wenig Peronospora-Mycelium bergende Stellen treten an der Knolle natürlich nur als kleine, oberflächliche braune Flecke auf und sind oft selbst mit dem Mikroskop nur schwer in ihrer Bedeutung richtig zu erkennen; für das bloße Auge sind sie von braunen Fleckchen, die aus beliebigen anderen Ursachen an der Kartoffelschale so häufig vorkommen, kaum unterscheidbar und ohne besondere Aufmerksamkeit werden sie gar nicht beachtet werden. Es liegt nun auf der Hand, daß bei Bestellung des Ackers im Großen der Pilz in solch kleinen Anfängen in weit reichlicherer Menge in den Boden gelangen kann, als es von vorneherein den Anschein haben mag, und selbst dann, wenn man die Aussaat notorisch kranker Knollen möglichst zu vermeiden sucht.

Fassen wir das bisher Betrachtete kurz zusammen, so erhalten wir folgendes übersichtliche Bild von dem ganzen ursachlichen Zusammenhange und Verlaufe der Kartoffelkrankheit. Ein parasitischer Fadenpilz, Peronospora infestans, ist zu seiner Existenz auf die Kartoffelpflanze angewiesen. Sein Mycelium gelangt in die Knollen um hier lebenskräftig zu überwintern. Kühl und trocken gehalten vegetirt es nur langsam, oder steht auch ganz still, um üppig weiter zu wachsen sobald es in der warmen Jahreszeit günstige Vegetationsbedingungen erhält. Das Mycelium wächst alsdann in die über den Boden tretenden Laubtriebe um dort früher oder später seine Sporangien zu entwickeln, welche auf benachbarte gesunde Pflanzen leicht übertragen werden, dort rasch Sporen bilden, deren Keime in das gesunde Gewebe eindringen und sein Erkranken, die Blattkrankheit der Kartoffel verursachen. So verbreitet sich der Parasit und mit ihm die Krankheit von einem oder mehreren Ausgangspunkten über den Acker und von einem Felde über die benachbarten; das vom Pilz befallene Kraut wird allmählich massenhaft braun und stirbt ab. Von den auf dem Laube gebildeten zahllosen Sporangien gelangt ein großer Theil in den Boden um dort Sporen und Keimschläuche zu entwickeln, welche in die unterirdischen Triebe und Knollen eindringen können. Das aus ihnen hier entwickelte Mycelium hat den Zweck, die Ueberwinterung, das Perenniren des Pilzes wiederum zu vermitteln, wie die Kartoffelknolle das Ueberwintern der Pflanze, welcher sie angehört, vermittelt. Kommt es in

reichlicher Menge in die Knollen, ſo erzeugt es hier die characteriſtiſchen Erſcheinungen der Knollenkrankheit (Zellenfäule), Bräunung des peripheriſchen Gewebes, gefolgt von allmählicher Zerſetzung der ganzen Kartoffel. In geringerer Menge und Ueppigkeit in der Knolle entwickelt, verurſacht es unbedeutende, oft leicht zu überſehende Erkrankung, und mit der größtentheils geſunden Kartoffel in den Boden gebracht, hebt es den Kreislauf der Pilzentwicklung und Krankheitserzeugung von neuem an. —

V.

Ueberblickt man die Verſuche, auf welche wir unſere Anſicht von der Urſache der Kartoffelkrankheit gegründet haben, ſo ergibt ſich von ſelbſt die Uebereinſtimmung derſelben mit faſt allen im Großen gemachten Beobachtungen des Einfluſſes von Witterung und Boden, auf welche diejenigen Anſichten gegründet ſind, welche die unmittelbare Krankheitsurſache in dieſe Einflüſſe allein ſetzen. Jedem, der einigermaßen auf die Sache geachtet hat, iſt bekannt, daß die Blattkrankheit im allgemeinen bei feuchtem Wetter am reichlichſten auftritt und am ſchnellſten überhand nimmt, daß bei gleicher Witterung luftig, trocken gelegene Aecker länger geſund bleiben, als ſolche, die reichlichen Thaumiederſchlägen, Nebeln und dergleichen ausgeſetzt ſind. Wer Gelegenheit hatte am Rande eines Gebirges Beobachtungen anzuſtellen, dem wird oft genug aufgefallen ſein, wie die Aecker an den Bergen noch friſch und grün ſind, während die in der angrenzenden dunſtigeren, feuchteren Ebene von der Peronospora ſchwarz gefärbt wurden. Am auffallendſten endlich iſt der Contraſt zwiſchen naſſen und trockenen Jahrgängen, und ich brauche hier nur auf die Unterſchiede, welche ſich in den meiſten Gegenden zwiſchen den Jahren 1857 bis 1859 und den Jahren vorher ſammt 1860 geltend machten und einem Jeden noch in friſcher Erinnerung ſind, hinzuweiſen. Selbſt nach Tagen macht ſich der Unterſchied oft bemerkbar. Folgt auf warme trockene Sommertage plötzlich ſchwüle regneriſche Witterung, oder wird, vielleicht in Folge eines Gewitters, die Luft raſch ſo ſehr abgekühlt, daß ein reichlicher Thau und eine bedeutende Verlangſamung der Verdunſtung ſtattfindet, ſo wird oft über Nacht das bisher kaum befallene Kartoffelfeld ſchwarz, es ſteht da wie erfroren, ein giftiger Nebel, ein Reif hat es nach den Worten des Landmannes betroffen. Anders ausgedrückt lauten alle dieſe Angaben dahin, daß jede dauernde oder plötzliche Vermehrung der Luftfeuchtigkeit, jede dadurch bedingte Hemmung oder Verlangſamung des Verdunſtens der Kartoffelpflanze das Ueberhandnehmen der Krankheit begünſtigt und beſchleunigt.

Die gleiche Erſcheinung kann nun aber jederzeit künſtlich an pilzbehafteten

Pflanzen durch Ueberdecken einer Glasglocke hervorgerufen werden, und es trat in allen Verſuchen aufs deutlichſte hervor, wie dabei durch die vermehrte Feuchtigkeit zunächſt die Vegetation der krankheiterregenden Peronospora gefördert wird. Bedenkt man nun, daß dieſe in den maſſig auftretenden braunen Flecken ſtets überall vorhanden iſt, ſo liefern alle jene Beobachtungen das übereinſtimmende Reſultat, daß die feuchte Witterung die Krankheit dadurch mittelbar fördert, daß ſie die Vegetation des Pilzes beſchleunigt, welche ihrerſeits erſt die unmittelbare Urſache der Krankheit iſt. Wem hieran nach den oben mitgetheilten Experimenten noch ein Zweifel bleibt, der wird denſelben leicht dadurch beſeitigen, daß er jene Erſcheinung des plötzlichen über Nacht erfolgenden Schwarzwerdens im Zimmer folgendermaßen künſtlich hervorbringt. Nimmt man von einem Kartoffelacker Kraut, welches kleine, des freudig grün Ausſehen des Laubes im Großen nicht ſtörende Fleckchen zeigt, und theilt daſſelbe in 2 möglichſt gleiche Portionen, von denen die eine, mit den Stengeln in ein Glas Waſſer geſtellt, frei in der Zimmerluft ſtehen bleibt, die andere ſonſt gleich behandelt, aber durch Ueberdecken einer Glasglocke abgeſperrt wird, und hält man beide nebeneinander, in gleicher Temperatur und Erleuchtung, ſo zeigt die abgeſperrte oft ſchon binnen wenigen Stunden raſche Vergrößerung der Peronospora-Flecke, maſſenhaftes Schwarzwerden der Blätter, die andere bleibt Tage lang unverändert, um aber ſofort ſchwarz zu werden ſobald man auch ſie abſperrt. Sorgt man nur dafür, daß die Luft unter der Glasglocke mit Waſſerdampf möglichſt geſättigt iſt, ſo findet das Schwarzwerden ſelbſt bei ſehr verſchiedenen Temperaturen gleich ſchnell ſtatt; ich fand z. B. keinen merklichen Unterſchied in der Schnelligkeit mit welcher die Flecke wuchſen als ich zur gleichen Zeit eine Portion bei 15° R. eine andere bei 21° R. unter Glocken hielt.

Was die Krankheit der Knollen betrifft, ſo gilt für ſie in gleicher Weiſe die allgemeine Erfahrung, daß ſie in naſſen Jahren und naſſer Witterung häufiger und verderblicher, und in an ſich feuchtem Boden öfter vorkommt, als in ſolchem, der unter gleichen Verhältniſſen minder naß iſt. Vergegenwärtigen wir uns, daß die Knollenkrankheit durch das Peronospora-Mycelium verurſacht wird, dieſes aus den in den Boden gelangten Sporen ſich um ſo üppiger entwickelt, je feuchter die Kartoffeln gehalten werden, und die Sporen um ſo leichter und reichlicher entſtehen und keimen, je feuchter der Boden iſt, ſo ſtehen auch alle dieſe Erfahrungen mit unſern Sätzen in Einklang und finden durch ſie ihre Erklärung. Was den Einfluß der Bodenmiſchung und der Düngung betrifft, ſo iſt vor allem zu erinnern, daß unſere Kenntniß von den Bodeneinflüſſen noch ſo lückenhaft iſt, daß es ſchwer hält von der Art dieſes Einfluſſes genaue

Rechenschaft zu geben. Setzt man den Grund der Blatt- oder Knollenkrankheit in den Boden oder den Dünger schlechtweg, so heißt dies in den meisten Fällen nichts weiter, als wir kennen den Grund nicht; denn die natürliche und künstliche Bodenmischung wirken in einer so vielseitigen Weise, daß man die verschiedenartigsten Einzelursachen zugibt, wenn man jene zur Erklärung zu Hülfe ruft. Da nun in der Vegetation der Peronospora der Grund und in der reichlichen Wasserzufuhr jedenfalls die hauptsächliche Gelegenheitsursache von Laub- und Knollenkrankheit bekannt ist, und da der mächtige Einfluß der natürlichen oder durch Dung künstlich geänderten Bodenmischung auf die Hygroscopicität, auf das Verhalten des Bodens zur Anziehung und zum Festhalten von Wasser unzweifelhaft fest steht, so ist fast Gewißheit vorhanden, daß viele Fälle, in welchen ein Einfluß der Bodenmischung auf die Erkrankung der Kartoffelpflanze bestimmt vorlag, einfach in der mit der Mischung geänderten Bodenfeuchtigkeit und ihrer Einwirkung auf die Vegetation des Parasiten ihren Grund haben. Ein bestimmter Beweis hierfür ist allerdings nicht möglich, da für keinen einzelnen Fall untersucht ist, in wie weit mit der Mischung auch die Feuchtigkeit des Bodens geändert worden ist. Dies gereicht aber nicht unserer Ansicht, sondern vielmehr denjenigen zum Vorwurf, welche schlechthin dem Boden und Dung alle Schuld aufbürden wollten.

Ich will mit dem eben ausgeführten nicht gesagt haben, daß, abgesehen von der Hygroscopicität, der stofflichen Zusammensetzung des Bodens alle und jede Bedeutung für den krankheiterregenden Parasiten abgehe. Wir wissen über dieselbe aber gegenwärtig absolut nichts, es ist kaum möglich sie durch exacte Versuche zu prüfen. Sie steht aber jedenfalls hinter den Feuchtigkeitseinflüssen überaus weit zurück, da ja diese allein in allen Versuchen einen ganz entschiedenen Ausschlag geben. Man kann daher jene stoffliche Zusammensetzung für jetzt jedenfalls ganz außer Acht lassen. Sonach ist wohl kein Zweifel, daß die im Großen beobachteten Wirkungen äußerer Agentien mit unseren Resultaten in der allergrößten Mehrzahl der Fälle in Einklang stehen und daß sie durch dieselben ihre Erklärung finden. Allerdings kann nicht geläugnet werden, daß Beobachtungen beschrieben sind, von welchen dieser Ausspruch nicht gilt. Man will z. B. gefunden haben, daß in manchen Gegenden Kartoffeln, welche vor einem bestimmten Tage gepflanzt worden sind krank wurden, während später bestellte Aecker gesund blieben; es wird öfters angegeben, daß auf Aeckern, deren Laub ganz gesund geblieben war, die Knollen erkrankten, u. s. w. Eine Erklärung aller solcher Fälle, bei welchen immer nur diese und jene Erscheinung, aus dem Zusammenhang mit anderen über die man schweigt gerissen, beobachtet und berichtet, dann in eine direkte ursächliche

Beziehung zu einander gezwängt oder sofort zu einem Urtheil über die Ursachen der Krankheit im allgemeinen benutzt werden, könnte nur dann gegeben werden, wenn eine genaue Untersuchung aller dabei obwaltenden Verhältnisse, aller scheinbaren Nebenumstände nachträglich möglich wäre. Da dies nicht der Fall, da selbst von der Bezeichnung erkrankt oft genug nicht einmal ermittelt werden kann, ob sie für die bestimmte durch die Peronospora bewirkte Verderbniß, oder für Anderes gebraucht ist, müssen solche Fälle zweifelhaft und unerklärt bleiben. Dies kann aber unsere Ansicht nicht berühren, weil allen diesen Angaben und Beobachtungen den zahllosen übereinstimmenden Berichten und Erfahrungen gegenüber kein Gewicht beigelegt werden kann. Von unseren früheren Resultaten ausgehend sind wir vielmehr zu der bestimmten Behauptung berechtigt, daß in den scheinbaren Ausnahmsfällen eine genaue Untersuchung entweder irgend ein besonderes Verhalten des Parasiten hätte nachweisen müssen, oder aber zeigen, daß es sich um eine ganz andere Krankheitserscheinung handelte, als diejenige, von welcher in dieser Schrift die Rede ist. —

Unerklärt durch das Vorstehende, wenngleich nicht unerklärlich bleibt ferner die oft erwähnte Beobachtung, nach welcher manche Kartoffelsorten oder, bestimmter ausgedrückt, ihre Knollen vorzugsweise zum Erkranken geneigt sind, während andere davon weniger ergriffen oder ganz verschont werden sollen. Es ist allerdings schwer zu entscheiden, in wie weit derartige Angaben wörtlich zu nehmen sind, und nicht das Gesundbleiben der Ernte häufig der Auswahl der Sorte zugeschrieben wird, während es in Wirklichkeit den für die Entwicklung des Parasiten ungünstigen äußern Agentien zu danken ist. Wird ja doch so oft eine Sorte von diesem Beobachter oder von dieser Gegend her als vorzugsweise gesund oder vorzugsweise zum Erkranken geneigt bezeichnet, während man von anderer Seite her das Gegentheil behauptet. Auch konnte ich bei künstlichen direkten Aussaaten des Pilzes auf die Knollen der verschiedensten Sorten bis jetzt nicht wahrnehmen, daß er die einen leichter ergreift und zerstört als die anderen. Aber ich will die Behauptung um so mehr wörtlich zugeben, als ich selbst im letzten Sommer auf ein und demselben Felde des hiesigen botanischen Gartens 36 verschiedene Sorten zu je 3 bis 4 Stöcken gleichzeitig beobachtet habe, von denen 19, und zwar theils frühreife theils späte, nur vollkommen gesunde Knollen, die übrigen mehr oder weniger kranke geliefert haben, während alle ganz gleichstark von der Blattverderbniß ergriffen gewesen waren. Allerdings ist dieser Beobachtung eine sehr geringe Bedeutung beizumessen, weil von jeder Sorte nur wenige Exemplare verglichen werden konnten. Nehmen wir jene Behauptung als feststehend an, und gehen wir von dem ein für allemal festgestellten Satze aus, daß der

eingedrungene Paraſit, deſſen Keime von dem Laube in den Boden gelangt ſind, einzig und allein die Krankheit verurſacht, ſo laſſen ſich in den Eigenthümlichkeiten der einzelnen Sorten eine Menge Erklärungsgründe für ihr verſchiedenes Verhalten denken. Der Pilz wird um ſo leichter die Knollen angreifen können, je leichter ſeine Keime in dieſelben gelangen. Sind die Knollen ſchon reif wenn die Blattkrankheit kaum beginnt, ſo werden ſie, zeitig geerntet, der Verderbniß am wenigſten ausgeſetzt ſein. Werden ſie im Boden erſt gebildet, während auf dieſen von den Blättern aus fort und fort Keime gelangen, ſo werden die Knollen um ſo weniger von dem Pilz befallen werden können, je tiefer ſie unter der Bodenoberfläche ſind, je dicker und früher ausgebildet ihre Schale iſt, u. ſ. w. So werden durch die Unterſchiede im Bau und der Vegetation die Knollen der verſchiedenen Sorten dem Paraſiten mehr oder weniger Angriffspunkte darbieten und hieraus ihr verſchiedenes Verhalten zur Krankheit zum großen Theile erklärbar ſein. Endlich werden die wenn auch kleinen Differenzen in der chemiſchen Zuſammenſetzung, welche ſchon nach den vorhandenen Aſchenanalyſen nicht nur in den Knollen verſchiedener, ſondern auch je nach Jahrgang, Gegend und Lage in denen ein und derſelben Sorte vorhanden ſind, in dem einen Falle die Wucherung des Pilzes und ſomit die Krankheit mehr als in dem andern fördern können und müſſen. Durch dieſe Erwägungen wird wenigſtens der Weg für eine Erklärung der Sortenverſchiedenheit beſtimmt angezeigt; um zu einem ſichern Schluſſe zu kommen, iſt es nothwendig alle einzelnen Sorten durch vergleichende Verſuche genau zu prüfen, wie denn überhaupt in ſolchen Fragen nur eine in alles Detail eingehende Unterſuchung zu einem gültigen Reſultate führen kann. —

Auf diejenigen Meinungen hier näher einzugehen, welche in Thieren die Urſache der Krankheit erblicken, iſt überflüſſig, ſie haben niemals nennenswerthe Geltung erhalten. Das Richtige, was ihnen zu Grunde liegen mag, iſt die ohne Zweifel in Anſchlag kommende Bedeutung von Inſecten und anderen Thieren für die Verſchleppung der Pilzſporangien und ſomit die Verbreitung der Krankheit von Pflanze zu Pflanze und von Feld zu Feld. —

Wir haben ſchließlich einen Blick auf diejenigen Anſichten zu werfen, welche die Urſache der Krankheit nicht in äußere Einflüſſe, nicht in die Vegetation eines Paraſiten, ſondern in die Kartoffelpflanze ſelbſt und zwar in eine Entartung derſelben ſetzen, und die für den Landwirth wichtige Frage, welche durch dieſe Anſichten angeregt wird zu erörtern, in wie weit Grund vorhanden iſt aus den bekannten Krankheitserſcheinungen eine Entartung der Kartoffelpflanze zu folgern.

Wie schon oben bemerkt wurde, setzt Schleiden*) die Ursache der Krankheiten von Kartoffeln und anderen Culturpflanzen in eine durch lange fortgesetzte Cultur gestörte, anomal gewordene Ernährung und stoffliche Zusammensetzung derselben, welche sie schließlich zu Krankheit und Zersetzung besonders geneigt macht. Andere, deren Wortführer vorzugsweise Jessen**) ist, nehmen an, daß die Ursache der Erkrankung vieler Culturpflanzen die durch Ableger oder abgetrennte Sprosse übermäßig verlängerte Existenz der Abkömmlinge einer Samenpflanze sei, also gleichsam eine Altersschwäche, die sich an den aus losgetrennten Sprossen, Knollen u. s. w. ungeschlechtlich vermehrten Pflanzen zuletzt in gleicher Weise zeige, wie an den Theilen eines überalten Pflanzenstockes. Es werden demnach diese Pflanzen, speciell die Kartoffle, dadurch allmählich geschwächt und zu Krankheit geneigt daß sie nicht aus Samen, sondern ungeschlechtlich, z. B. durch Knollen vermehrt werden, und eine Sorte müßte um so leichter erkranken je älter, je länger sie in Vermehrung ist.

Suchen wir diese Ansichten, soweit sie auf den Fall der uns hier beschäftigt Beziehung haben, zu prüfen. Wenn Schleiden, Jessen und ihre Anhänger die Existenz des krankheiterregenden Parasiten auch in unserem Falle läugnen und somit die nächste Ursache der Erscheinung über welche sie aburtheilen eigentlich gar nicht kennen, so kann uns dies gleichgültig sein; es gereicht höchstens ihnen zum Vorwurf, denn hätten sie genau nachgesehen, so müßten sie jenen gefunden haben. Dagegen müssen wir fragen, ob nicht eine Entartung der Kartoffelpflanze mag sie durch Cultur überhaupt als Ernährungskrankheit, oder durch das Vermehrungsverfahren als jene Art Altersschwäche erzeugt sein, in sofern wenigstens die entferntere Ursache der Krankheit sei, als sie erst die Bedingung für das Eindringen und die Zerstörungen des direkt krankheiterregenden Parasiten darstellt oder dieselben wenigstens besonders begünstigt. Es ist leicht denkbar und auch für manche (nicht dem Pflanzenreich angehörige) Fälle wahrscheinlich gemacht worden, daß gewisse Parasiten nur solche Organismen angreifen, welche schon vorher krank sind, und es könnte ein solcher Fall in der Peronospora wohl vorliegen.

Wir würden Grund haben dies anzunehmen, wenn sich herausstellte, daß frisch aus Samen gezogene Kartoffeln oder die aus Knollen erzogene direkte Nachkommenschaft derselben von dem Parasiten nicht oder wenig heimgesucht werden, daß Gewächse, welche sich durch Schößlinge, Ableger

*) Encyclopädie der theoretischen Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft. Band 3, 2. Anhang.

**) Ueber die Lebensdauer der Gewächse und die Ursachen verheerender Pflanzenkrankheiten. Gekrönte Preisschrift. Verhandl. d. Leop. Carol. Academie 1855.

u. ſ. w. vermehren häufiger als ſolche, die ſich nur durch Samen fortpflanzen von Schmarotzerpilzen Zerſtörungen erfahren und daß cultivirte Pflanzen überhaupt häufiger durch Paraſiten erkranken als wildwachſende. Von alledem finden wir aber nichts. Zahlreiche Berichte ſtimmen dahin überein, daß Kartoffelſämlinge gleich den aus Knollen erzogenen erkranken. Wildwachſende Pflanzen werden nicht ſeltener und nicht minder maſſenhaft von Paraſiten befallen, als cultivirte, ſo groß auch die Zahl der Formen und Individuen ſein mag, welche manche Culturpflanzen, beſonders z. B. die Cerealien befallen. Wer ſich danach umſehen mag, der wird im Gegentheil finden, daß von den gewöhnlichſten wildwachſenden Pflanzen eine große Anzahl allerorten durch Schmarotzerpilze bewohnt und zerſtört wird und daß die Meinung, Culturpflanzen ſeien dem Erkranken mehr als wildwachſende ausgeſetzt, in ſoweit es ſich um Krankheiten handelt, welche von Paraſiten verurſacht werden, lediglich auf Unkenntniß der Sache beruht. Ich kann dies hier nur kurz andeuten, verweiſe für viele hierher gehörige Fälle auf Kühns öfters citirte Arbeit, und will nur einige wenige der handgreiflichſten Beiſpiele anführen. Kein Gewächs iſt vielleicht mehr von Schmarotzern bewohnt als die bei uns doch gewiß wilde Waldanemone (Anemone nemorosa), drei bis vier Paraſiten ſind auf derſelben ſehr häufig, beſonders eine Peronospora (P. macrocarpa) und oft findet man auf weite Strecken kaum einzelne Blätter der Anemone, welche davon ganz frei wären. Der Waldmeiſter (Asperula odorata), der gewöhnliche Hühnerdarm (Stellaria media) werden je von einer beſonderen Peronospora ſo häufig und maſſenhaft heimgeſucht, daß man wiederum oft in weiter Ausdehnung die meiſten Exemplare dieſer geſelligen Pflanzen befallen und verunſtaltet findet. Die Quecke (Triticum repens) wird von den Roſtpilzen gewiß mindeſtens ſo häufig und maſſenhaft wie die Getreidearten, die Wolfsmilcharten (Euphorbia Cyparissias u. Andere) werden von ähnlichen Pilzen ſo ſehr häufig bewohnt, daß man an vielen Stellen wenigſtens ſoviel pilzbehaftete verunſtaltete als geſunde Stöcke finden kann. Und ſo viele andere.

Freilich kann man ſagen, die angeführten Beiſpiele betreffen faſt nur perennirende Pflanzen, welche gleich der Kartoffel durch alljährlich erneuerte unterirdiſche Sproſſe ausdauern und ſo endlich wie jene der Entartung durch Altersſchwäche verfallen müſſen. Es iſt aber leicht auch unter den nur durch Samen fortgepflanzten ein- und zweijährigen Gewächſen augenblicklich eine Menge Beiſpiele häufiger und maſſenhafter Occupation und Zerſtörung durch Paraſiten zu finden. Unter den Culturgewächſen ſind z. B. die Getreidearten mindeſtens eben ſo ſehr von Schmarotzern heimgeſucht, als irgend eine durch Ableger, Knollen, Schößlinge vermehrte, und

von wildwachsenden werden das Täschelkraut (Capsella) von dem sogenannten weißen Roste (Cystopus) der Bocksbart oder Haferwurz (Tragopogon) von dreierlei oft miteinander auftretenden Pilzen, die Klatschrose (Papaver Rhoeas), die Klappertopf- (Rhinanthus-) Arten von Peronospora Papaveris und densa mindestens ebenso oft bewohnt und krank gemacht als irgend eine Culturpflanze durch einen Schmarotzer.

Man findet die Parasiten auf den Culturpflanzen häufiger als auf den wilden, theils weil man jene mehr beachtet, theils aber auch weil ein Parasit sich selbstverständlich um so leichter verbreiten und daher um so massenhafter auftreten kann und muß, je geselliger seine Nährpflanze wächst und je ausschließlicher sie von einem Terrain Besitz nimmt. Wo eine wildwachsende Art eine Bodenstrecke so dicht bedeckt wie die Culturpflanzen unsere Aecker, da findet sich gar oft dieselbe gleichmäßige Verbreitung des Parasiten über alle ihre Individuen wie bei jenen; die angeführten Beispiele von der Anemone und dem Waldmeister können das jedem Aufmerksamen zeigen.

Wie man sich auch umsehen mag, man findet immer nur Beweise dafür, daß durch das Befallenwerden von Parasiten keinerlei Entartung der Kartoffel oder einer andern Culturpflanze angezeigt wird; man muß daher, für unseren Fall wenigstens, jene trostlose Annahme als aus der Luft gegriffen zurückweisen. Es ist hier nicht der Ort auf die Gründe näher einzugehen, welche man anderswoher für die allgemeine Annahme einer Entartung durch Cultur oder ungeschlechtliche Vermehrung vorgebracht hat. Allein das eine mag kurz bemerkt werden, daß sich diese Annahme vielfach gerade auf die Wahrnehmung von Krankheiten gründet, welche ganz bestimmt in der Vegetation von Parasiten, die man übersah oder wegzudemonstriren suchte ihre Ursache haben; daß also diese Annahme jedenfalls für sehr viele andere Fälle ganz ebenso wie für die Kartoffel unbegründet ist.

Wie läßt sich nun aber, wird man fragen, das plötzliche Erscheinen des Parasiten und seiner verheerenden Wirkungen im Anfang der vierziger Jahre erklären.

Da die Annahme, der Pilz sei zu jener Zeit plötzlich entstanden, allen Grundes entbehrt und da wir, wie oben gezeigt wurde, von der Ansicht auszugehen haben, daß ein Pilz nicht anders entstehe als aus Keimen, die von seinen Stammeltern erzeugt worden sind, so wird zunächst die Frage zu stellen sein, woher stammt die Peronospora infestans.

Dieselbe ist ein bei uns fast ausschließlich auf die Kartoffelpflanze, das Solanum tuberosum angewiesener Parasit. Außerdem findet sie sich in Gärten gern und leicht ein auf den mit der Kartoffel nächstver-

wandten, fiederblättrigen, Ausläufer und meist auch Knollen bildenden süd- und mittelamerikanischen Solanum-Arten. So auf S. etuberosum Lindl., stoloniferum Schl. (nach Tulasne), S. utile Kl., S. Maglia Molin., S. verrucosum Schl., ferner auf der Klotzsch'schen Bastard-Kartoffel, S. utile-tuberosum. Letztere und S. verrucosum*) wurden auch, wo sie versuchsweise im Großen gebaut waren, im Großen von der Krankheit befallen. Der Pilz wurde ferner beobachtet auf Blättern und Früchten der aus dem wärmern Amerika stammenden Tomate (S. Lycopersicum), auf dem australischen Sol. laciniatum Ait.; endlich fand ihn Berkeley (nach Caspary's Mittheilung) auf den Blätter der Anthocercis viscosa, eines neuholländischen der Kartoffel wenig verwandten Strauches, aus der den Solanaceen gleichwohl nahestehenden Scrophularineen-Familie.

Corda will, nach einer flüchtig hingeworfenen Bemerkung**) die P. infestans auch auf dem bei uns einheimischen Sol. nigrum und Dulcamara gefunden haben. Allein diese Beobachtung wird von keinem anderen Gewährsmanne bestätigt, ich habe mich trotz aufmerksamen Nachsuchen von ihrer Richtigkeit nicht überzeugen können; sie scheint daher auf einem Irrthume zu beruhen, oder wenn richtig nur einen seltenen Ausnahmsfall darzustellen, der nicht anders als durch zufällige Uebersiedelung des Pilzes von der Kartoffel auf die genannten Pflanzen, nicht umgekehrt erklärt werden kann. Auf unseren einheimischen Solanaceen ist meines Wissens, und nach der Versicherung eines sehr erfahrenen Gewährsmannes, Dr. Rabenhorst, den ich darum befragt habe, noch keine andere Peronospora gefunden worden als eine zu P. effusa gezogene, von der infestans sehr verschiedene Form.***)

Auf anderen bei uns wildwachsenden Pflanzen kommt weder die P. infestans noch irgend eine andere Art vor, die bei einiger Aufmerksamkeit mit derselben verwechselt werden könnte. Versuche, die auf unseren einheimischen Pflanzen, zumal Ackerunkräutern wachsenden Peronosporae zum Eindringen in die Kartoffelpflanze zu bringen, mißlingen wie oben gezeigt wurde, und ebenso die in umgekehrter Richtung mit P. infestans angestellten. Für die Annahme, genannter Pilz sei durch Uebersiedelung irgend einer europäischen Art auf die Kartoffelpflanze gekommen liegt daher kein Grund vor.

Das Studium der Schmarotzerpilze zeigt nun aber, daß jedenfalls

*) A De Candolle, in der Revue horticole, Juni 52. Géogr. botanique p. 815.
**) Hlubeck's Oecon. Neuigkeiten 1847, Nr. 60.
***) P. effusa Hyoscyami, Rabenhorst Fungi europaei Nr. 291.

die meisten derselben mit außerordentlicher Beständigkeit an ganz bestimmte Nährpflanzen ein für allemal gebunden sind, daß es leicht gelingt, sie auf diesen durch Aussaat zur Entwicklung zu bringen, während dieses auf anderen Pflanzen schwer oder meist gar nicht möglich ist. Sieht man nun die P. infestans sich ungemein leicht auf S. tuberosum und einigen anderen dem wärmeren Amerika entstammenden Solanen entwickeln, dagegen nur höchst selten einmal eine andere Pflanze befallen, so wird man nothwendig zu der Ansicht geführt, daß unser Pilz ein specifischer Parasit jener Pflanzen ist, also auch mit ihnen gleiche Heimath hat und aus derselben zu irgend einer Zeit in die kartoffelbauenden Länder eingeschleppt worden ist. Ein durchaus vollständiger Beweis für diese Ansicht ist bis jetzt nicht möglich; soweit er in der Geschichte der Einschleppung bestehen müßte, wird er natürlicher Weise niemals geführt werden können, weil bis 1845 Niemand auf die Peronospora geachtet hat. Es ist aber gegenwärtig auch nicht möglich mit Bestimmtheit zu behaupten daß die Peronospora in dem Vaterlande der Kartoffel wirklich vorkommt, weil dort noch Niemand danach gesucht hat.

Allein es ist wenigstens sehr wahrscheinlich, daß sie in der That dort seit unvordenklichen Zeiten existirt, indem in Südamerika die Kartoffelknollen sehr oft „erkranken" und zwar in einer Weise, welche nach den Beschreibungen wohl für identisch mit der bei uns durch die Peronospora verursachten Erkrankung gehalten werden kann und auch schon vielfach gehalten worden ist. Schon im Jahre 1571 hat der Jesuit Joseph Acosta*) in Peru beobachtet, daß die Knollen nach schlechtem kalten Wetter oft in der Erde „durch Brand oder Mehlthau" verderben, Payen**) redet von einer in den Cordilleren herrschenden, ihm aus Herrn Goudots Beschreibung bekannten Krankheit, welche mit einer jedenfalls hierher gehörenden Form der Knollenverderbniß die größte Aehnlichkeit hat. Bousſingault hat am 17. November 1845 der französischen Academie ein Schreiben des Obersten Acosta mitgetheilt, nach welchem auf der Hochebene von Bogotà die Kartoffeln von jeher in feuchten Lagen alljährlich, in nassen Jahrgängen allenthalben verderben. Die Beschreibung der kranken Knollen gestattet leider kein Urtheil über die Identität der Erkrankung mit der europäischen.

Nach alledem bezweifle ich nicht, daß man in den Heimathlanden der Kartoffel auch die Peronospora finden wird, sobald man auf dieselbe achtet.

---

*) Nach Münter, Krankh. d. Kart. p. 13.

**) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, tom. 23, p. 426.

Zu welcher Zeit die erste Einschleppung des Parasiten in Europa stattgefunden habe, darüber läßt sich natürlicher Weise keine bestimmte Ansicht aufstellen. Aber für unzweifelhaft halte ich, daß die Peronospora jedenfalls lange vor 1845 in Europa vorhanden gewesen ist.

Allerdings ist es nicht möglich das Vorhandensein des Pilzes für irgend eine bestimmte frühere Zeit sicher zu constatiren. Auf dem in älteren Sammlungen aufbewahrten Kartoffellaube ist er bis jetzt meines Wissens nicht gefunden worden und ich habe mich selbst vergebens darum bemüht ihn dort nachzuweisen; in den Herbarien finden sich meist nicht sehr vollständige und zahlreiche Exemplare des Solanum tuberosum und die Sammler haben natürlich auch gesunde grüne Sprosse den braunfleckigen vorgezogen. Uebrigens sind vielleicht einmal Andere, denen dazu bessere Gelegenheit geboten ist, mit ihren Nachsuchungen glücklicher als ich.

Aus den Beschreibungen, welche von dem kranken und gesunden Kraute aus früherer Zeit existiren, läßt sich gleichfalls nichts Gewisses darüber entnehmen, ob unser Pilz früher schon einzeln oder massenhaft zerstörend das Kraut bewohnt habe. Die Kräuselkrankheit wie sie 1776—1779 in England und Hannover verheerend auftrat, ist nach den damaligen und den aus neuester Zeit stammenden, mit jenen übereinstimmenden Beschreibungen von J. Kühn wohl sicher von der durch Peronospora erzeugten Verderbniß verschieden. Allein es scheint auf der andern Seite als ob man früher, bei der Unmöglichkeit genauer mikroskopisch-anatomischer Untersuchung der Einzelfälle, vielfach die wahre Kräuselkrankheit mit allen anderen Erkrankungen confundirt habe, bei welchen vorzeitiges Welken und Schrumpfen des Krautes auftritt. Wenigstens stimmen manche Beschreibungen sogenannter Fälle von Kräuselkrankheit mit der wirklichen viel schlechter, als mit der durch Peronospora verursachten Blattkrankheit. Keine hat aber den Grad von Genauigkeit, um ein sicheres Urtheil zu gestatten.

Daß es noch weniger möglich sein kann, über das Vorhandengewesensein der Peronospora in den Knollen Gewißheit zu erhalten, liegt in der Natur der Sache. Die Trockenfäule, welche in Deutschland besonders in den dreißiger Jahren auftrat ist nach Kühns zuverlässiger Angabe von der Peronospora-Krankheit wesentlich verschieden; für die vielen anderen Verderbniß- und Fäulnißerscheinungen fehlt es meistens an genauer Beschreibung und nüchterner Untersuchung.

Aller dieser Ungewißheit gegenüber ist es aber zunächst sicher, daß die Peronospora schon vor 1845 in Europa existirt hat. Die besten neueren Gewährsmänner, wie Harting, v. Martius, Bergsma, geben an daß Krankheiten früherer Jahre, z. B. von 1842, mit der von 1845

identisch gewesen seien, und das will heißen, daß sie durch Peronospora verursacht waren, diese also jedenfalls schon in Europa vorhanden gewesen ist, bevor sie durch Montagne und Libert entdeckt wurde. Sie war aber auch um 1845 in Europa schon allgemein verbreitet, denn die durch sie verursachte Krankheit trat allgemein gleichzeitig auf, und der einmal entdeckte Pilz wurde sofort allenthalben wiedergefunden, ohne daß in der damaligen Zeit eine bestimmte Wanderung von Krankheit und Pilz bemerkbar gewesen wäre. Es ging mit dem letzteren, wie so gar oft mit mikroskopischen Organismen, die, selbst wenn sie im Großen sehr bemerkbare Erscheinungen hervorrufen, oft lange unbeachtet oder unbekannt bleiben, wenn aber einmal die Aufmerksamkeit auf sie gelenkt worden ist plötzlich allüberall in Menge gefunden werden.

Zweitens aber ergibt sich aus einer Reihe anderweitiger Angaben und Erfahrungen die größte Wahrscheinlichkeit, daß unser Pilz schon sehr lange vor den vierziger Jahren in Europa eingeschleppt war. Von dem Kartoffelkraute wird von jeher angegeben, daß es gegen Kälte sehr empfindlich ist, durch diese leicht braun und welk wird; und wenn diese Behauptung auch streng wörtlich genommen ihre volle Richtigkeit hat, so liegt es doch nahe, daran zu denken, wie noch heutzutage der Landmann von einem Reif redet, wenn nach einer kalten Nacht der Kartoffelacker plötzlich dadurch braun geworden ist, daß durch die Luftabkühlung die Verdunstung gehemmt und somit eine rasch zerstörende Entwickelung der Peronospora hervorgerufen worden ist.

Ferner ist zu allen Zeiten im Spätsommer und Herbste das Kartoffelkraut von unten nach oben braun geworden und abgestorben; es sind dabei gewiß auch dunkele schwarzbraune Flecke vorgekommen. In den trockenen Jahrgängen 1857 bis 1858 und zum Theil 1859 verhielt sich das Kraut (abgesehen von den nicht hierher gehörigen Folgen des Wassermangels) normal, wie den meisten Lesern erinnerlich sein und auch von Kühn (a. a. O.) für 1857 bestimmt versichert wird. Nichtsdestoweniger fand sich, wie mir aus eigenen Beobachtungen und Angaben Anderer bekannt ist, die Peronospora auf dem im Spätjahr normal absterbenden Laube der reifen Pflanze, häufiger und früher in feuchten als in trockenen Lagen. Von dieser sicher constatirten Thatsache ausgehend und durch keinen anderen Gegengrund als den Mangel an Beobachtungen gehindert, müssen wir schließen, daß auch früher die gleiche Erscheinung des normalen Absterbens mit dem Auftreten der Peronospora verbunden und durch diese wenigstens zum Theil bedingt gewesen sei; daß diese seit lange als Parasit der Kartoffel in Europa angesiedelt ist, in trockenen Jahren und Lagen sich langsam entwickelt und erst zu einer Zeit das Laub zerstört,

welche mit dem normalen Absterben desselben und der Reifezeit der Knollen nahe zusammenfällt, während sie unter Einwirkung größerer, ihre Entwicklung beschleunigender Feuchtigkeit rascher überhand nimmt und dadurch die normale Entwicklung ihrer Nährpflanze stört. Zur Bestätigung dieses Satzes weise ich auf den einem Jeden aus frischer Erinnerung leicht möglichen Vergleich des naßkalten Sommers 1860 mit den oben genannten und auf die Seite 28 beschriebenen Versuche hin.

Wenn man das über das Vorkommen der Peronospora auf dem Kraute Gesagte als richtig zugibt, so folgt daraus von selbst, daß auch ein Theil der früheren, jedenfalls immer dagewesenen Knollenkrankheiten ganz gewiß dem zerstörenden Einflusse der Peronospora zugeschrieben werden muß. Natürlich ist dabei von den ganz bestimmt verschiedenen, wie von der Trockenfäule nicht die Rede. Damit stimmt nun auch eine Anzahl von Angaben und Beschreibungen überein. Dumortier (nach Decaisne's unten anzuführender Arbeit) ist sogar der Ansicht, daß die Krankheit, welche 1775 in Flandern und um 1770 in Hannover herrschte, mit der gegenwärtigen identisch sei; ich will dem nicht widersprechen, aber ich finde in den älteren Beschreibungen dieser Epidemien keinen deutlichen Beweis dafür. Aber in den Verhandlungen der Pariser Akademie von 1845 und 1846 wird wiederholt versichert, die Krankheit dieser Jahre sei in Frankreich längst vorhanden, nur zu wenig verbreitet gewesen, um allgemeine Aufmerksamkeit zu erregen. Im Elsaß soll (nach Decaisne) 1816, in dem Herzogthum Orleanais 1829 eine ähnliche epidemische Verderbniß beobachtet worden sein. Endlich ist aus einer Zeit, wo die allgemeine Einführung der Kartoffelcultur auf dem europäischen Continent noch sehr neu war, eine Beschreibung vorhanden, welche mir die Zerstörung der Knollen durch Peronospora ziemlich gut zu bezeichnen scheint; J. A. J. Ludwig schildert nämlich in seiner Abhandlung von den Erdäpfeln (Bern 1770) Seite 173 einen „sichtbaren Brand", der sich an den ungekochten Erdäpfeln, wenn man die Haut von ihnen abnimmt, findet, weil er bei diesen an den Seiten in brauner oder schwärzlicher Farbe erscheint.

Alles dies deutet darauf hin, daß die Einbürgerung der Peronospora in den kartoffelbauenden Ländern schon vor langer Zeit stattgefunden habe und damit stimmt der Umstand, auf welchen oben schon hingewiesen wurde überein, daß die Peronospora gleichzeitig in einem großen Theile der Erdoberfläche — jedenfalls in Europa und Nordamerika vom 37—45. Gr. N. Br. — beobachtet wurde, und in neuerer Zeit nirgends eine Wanderung des Parasiten und der Krankheit deutlich zu bemerken war, was doch, wenn die Einschleppung neu wäre, ebenso gut hätte der Fall sein müssen, wie bei der vor 1850 in England erschienenen und in

den folgenden Jahren allmählich süd- und südostwärts gewanderten Traubenkrankheit und dem Parasiten, der sie verursacht. Die Kartoffelperonospora muß hiernach sehr frühe aus ihrer Heimath in die kartoffelbauenden Länder gebracht und dort allmählich verbreitet worden sein.

Auf welche Weise die Einschleppung stattgefunden hat, ist nicht schwer zu erklären, da wir wissen, daß der Pilz in den Knollen perennirt, also mit solchen eingeführt werden kann. Auch mit Samen könnte dies geschehen, da er nicht selten die Früchte befällt und sein Mycelium in diesen zu den Samen gelangt. Ich habe auf der Schale völlig reifer keimfähiger Samen aus pilzbehafteten Früchten das Mycelium oft gefunden und es ist leicht denkbar, daß dies hier lange lebensfähig bleiben und so mit dem Samen unbemerkt verschleppt werden kann.

Da man zur Einführung und Aussaat niemals kranke Knollen und Samen wird ausgesucht haben, so ist der Pilz zuerst jedenfalls in ganz vereinzelten Exemplaren mit der Kartoffel eingewandert und hat sich erst ganz allmählich vermehren, verbreiten und im Großen bemerkbar machen können. Manche Gegenden, manche Felder, Kartoffelsorten u. s. w. mußten lange von ihm verschont bleiben, in anderen, wo er sich zeigte, konnte durch Entfernung der kranken Kartoffelsorten und Einführung neuer, durch Einschränkung des Kartoffelbaues u. s. w. seine Ausbreitung für einige Zeit gehemmt werden. Im Allgemeinen aber mußte mit der Cultur der Kartoffel ihr größter Feind aus unbemerkten und unbemerkbaren Anfängen zu immer größerer Häufigkeit herangezogen werden. Dies erklärt, warum die Krankheit nicht von jeher in jedem nassen Jahrgang auftrat, warum zunächst manche Gegenden verschont bleiben mußten, warum manche Epidemien früherer Zeiten, wenn sie wirklich hierher gehören, eine beschränktere Verbreitung hatten und die Erkrankung der Kartoffelpflanze im Großen mehrfach für längere Zeit verschwinden konnte, bis wieder ein excessiv nasser Sommer, wie 1845, die immer fortgeschrittene Ausbreitung und Einbürgerung des Parasiten in den kartoffelbauenden Ländern verrieth.

Es handelt sich schließlich um die Beantwortung der Frage nach der Verhütung des Uebels. Ueber dieselbe ist so unendlich viel geschrieben und gemeint worden, daß eine Besprechung und Kritik aller einzelnen Vorschläge hier nicht beabsichtigt werden kann; die Beurtheilung der meisten ergibt sich ohnehin aus den obigen Auseinandersetzungen von selbst. Wir haben hier vielmehr nur zu untersuchen, welcher Weg zur Heilung oder Milderung sich aus der gewonnenen Kenntniß von dem Verlaufe und ursächlichen Zusammenhang der Krankheit wird ableiten lassen.

Nach dem gegenwärtigen Stande der pflanzenphysiologischen Kenntnisse ist nun vor allem hervorzuheben, daß man auf Grund des geschilderten Krankheitsprocesses nicht erwarten darf, ein stets wirksames specifisches Heilmittel zu finden. Die Krankheit wird verursacht durch einen im Innern des dichten Gewebes wuchernden Pilz und dieser läßt sich weder mechanisch entfernen ohne Zerstörung seines Trägers, noch auch durch die uns bekannten Mittel etwa vergiften ohne daß dieser mit vergiftet würde. Es kann sich daher nur darum handeln, wie der Pilz möglichst unschädlich gemacht wird, wenn er einmal in einem Pflanzentheile oder einem Acker angesiedelt ist, und ob und wie seine Ansiedelung von vornherein verhütet werden kann.

Was den ersten Punkt betrifft, so ergeben sich aus den früheren Abschnitten die allgemeine Bezeichnung des Weges, aber auch große Schwierigkeiten der Ausführung. Einmal irgendwo vorhanden, wird der Parasit, wie wir gesehen haben, durch reichliche Feuchtigkeit in der Entwickelung stets ungemein gefördert, und umgekehrt. Um die geernteten Knollen, welche er befallen hat, möglichst lange relativ gesund und für die ökonomischen Zwecke brauchbar zu erhalten, ist daher ihre trockene, luftige Aufbewahrung ein längst bekanntes und bewährtes Mittel.

Hat er das frische Kraut befallen, so kann Trockenheit der Luft und des Bodens, wie gleichfalls allgemein bekannt, seine Ausbreitung bis zur völligen Unschädlichkeit verlangsamen. Solche Bedingungen aber im Großen herzustellen, ist, in sofern sie großentheils vom Wetter abhängen, nicht in die Willkür des Landwirthes gestellt. Derselbe kann aber durch Wahl eines trockenen und leicht trocknenden Bodens und günstiger Lage des Ackers wenigstens einige Vorsorge treffen. Daß sich ein willkürlich anzuwendendes wirksames Zerstörungsmittel werde finden lassen, scheint mir sehr zweifelhaft. Man hat bekanntlich mit so großem Erfolge zur Zerstörung des Pilzes, der die Traubenkrankheit verursacht, das Bestreuen mit Schwefelpulver angewendet und das gleiche Mittel gegen den Kartoffelpilz neuerdings empfohlen. Die Vegetation beider Pilze ist aber so grundverschieden, daß mir ein Erfolg des Schwefelns gegen die Peronospora sehr unwahrscheinlich vorkommt. Der Traubenpilz wächst lediglich auf der Außenfläche des Weinstocks, das aufgestreute Pulver, welches jedenfalls nur durch direkte Berührung wirken kann, kommt mit allen seinen Theilen in Berührung und kann ihn also vollkommen tödten. Die Peronospora dagegen schickt nur ihre Fruchtäste an die Oberfläche, ihre hauptsächlich schädlichen vegetativen Organe sind in dem Innern des Laubes eingeschlossen und somit gegen das Mittel geschützt. Es können daher durch das Schwefeln vielleicht die gerade in der Entwicklung begriffenen Frucht-

äste getödtet werden, aber der nächste Regen, ohne welchen der Pilz ja ohnehin nicht viel schaden würde, wäscht den aufgestreuten Schwefel ab und bringt gleichzeitig eine Menge neuer Fruchtäste zur Entwicklung, bevor eine neue Schwefelung auf einem größeren Felde möglich werden kann. Sonach wird von dem Schwefeln jedenfalls ein nur sehr geringer Nutzen zu erwarten sein. Mittel, welche den Pilz in allen seinen Theilen abtödten können, während das Kraut, in dem er wuchert, gesund bleibt, sind uns durchaus unbekannt.

Die Knollen erkranken durch Eindringen der vom Laube in den Boden gefallenen Keime. Ist daher das Kraut eines Ackers befallen, so wird für die Knollenernte um so mehr Gefahr vorhanden sein, je zahlreicher und andauernder neue Sporangien in den Boden kommen und dort Sporen bilden können. Es liegt daher nahe zu denken, daß man die Knollen durch Abschneiden und Entfernen des befallenen Laubes retten könne und es hat dies gewiß für manche Fälle seine Richtigkeit. Allein für ein sicheres, überall wirksames Heilmittel darf man die Entfernung des Krautes nicht halten. Soll der Pilz sicher von den Knollen ferngehalten werden, so müßte man das Kraut früh, sobald sein Fleckigwerden eben beginnt, abschneiden, damit aber der Pflanze diejenigen Organe nehmen, deren sie zur Bildung guter und normaler Knollen unbedingt bedarf. Abschneiden des schon braunen Krautes, welches allerdings der Knollenbildung wenig mehr nützen kann, nützt auch für die Pilzvertilguug wenig, denn auf ihm werden ja keine neue Pilzsporangien mehr gebildet. Somit kann das Abschneiden des erkrankenden Krautes vielleicht für manche specielle Fälle, aber keineswegs allgemein zur Schützung der Knollen empfohlen werden. Will man durch das Kraut auf die Verbreitung der Krankheit hemmend einwirken, so suche man möglichst früh, wie schon oben angegeben wurde, diejenigen Blätter und Triebe zu entfernen, auf welchen die *ersten* braunen Flecke auftreten, was freilich im Großen meist schwer durchführbar sein wird.

So viele Sporangien aber auch vom Kraute auf den Boden fallen mögen, so entwickeln sich dieselben nie weiter und sind daher völlig unschädlich, sobald es ihnen an Wasser mangelt. Daher kann trockener Boden und trockene Witterung auch beim verdorbensten Kraute die Knollen vor dem Erkranken retten, und daher kann der Landwirth von dieser Seite her durch *Auswahl günstiger Lage* und *rasch trocknenden Bodens* auf den Zustand seiner Kartoffelernte bedeutend einwirken.

Vor Allem aber ist das *Fernhalten* des Parasiten von der Kartoffelpflanze und von dem Acker in Betracht zu ziehen, nicht nur weil es das Uebel bei der Wurzel anpackt, sondern weil es mir zwar keineswegs

ganz leicht, aber doch am leichteſten ausführbar zu ſein ſcheint. Wir ſahen oben, daß der Pilz mit dem Saatgute in den Boden gebracht wird und bei der Frage wodurch er von jenem entfernt werden könne, ließe ſich zunächſt an die Methode denken, mittelſt deren man den Paraſiten, welcher den Getreidebrand verurſacht erfolgreich zerſtört, nämlich die Behandlung des Saatgutes mit Kupfervitriollöſung oder ähnlichen ſogenannten Beizen. Allein in dem bezeichneten Falle wird der Paraſit dem Boden zugeführt durch ſeine überwinternden, dem Getreideſamen außen anhängenden Sporen und dieſe durch die Kupferlöſung theils abgewaſchen theils getödtet ohne dem Samen zu ſchaden. Die Peronospora überwintert aber durch ihr in den Knollen befindliches Mycelium, und dieſes läßt ſich durch genannte Löſung nicht tödten ohne die Knolle wenigſtens ſtark zu beſchädigen, denn Kupfervitriol iſt für die Kartoffel eben ſo ſehr Gift wie für die Peronospora. Handelte es ſich um außen anhängende Keime, ſo würde eine nicht zu concentrirte Kupferlöſung gewiß mit Erfolg anwendbar ſein und wem es nicht erwieſen ſcheint daß die Peronospora-Sporangien über Winter ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren, der wird dieſelbe jedenfalls ohne Schaden anwenden können.

Am ſicherſten wird man aber den Paraſiten von den zu erziehenden Pflanzen fern halten, wenn man mit möglichſter Sorgfalt darauf bedacht iſt, daß er nicht in den Knollen als perennirendes Mycelium auf den Acker komme. Es iſt zunächſt unter allen Umſtänden zu vermeiden, Kartoffeln auf einem Acker zu bauen, in welchem noch pilzhaltige Knollen von dem früheren Jahrgange ſtecken geblieben ſein können, was ja übrigens in der Regel ſchon aus anderen Gründen geſchieht. Sodann iſt vor Allem genau auf die Qualität der Saatknollen zu achten. Durch und durch kranke und verdorbene anzuwenden verbietet ſich von ſelbſt; aber auch ſolche müſſen auf das allerſorgfältigſte vermieden werden, welche im übrigen geſund, nur Spuren der characteriſtiſchen Bräunung unter der Schale zeigen. Da hiezu eine genaue Unterſuchung der einzelnen Setzkartoffeln unerläßlich iſt, ſo hat dies bei der Beſtellung großer Ackerfelder große, fürs erſte kaum ganz zu überwindende Schwierigkeiten. Der Pilz hat ſich nun einmal über die Kartoffeln weit verbreitet und wird auch nicht mit einem Male radical ausgetilgt werden können. Dagegen wird es möglich werden, durch allgemeine Einführung einer ſehr ſorgfältigen Behandlung und Zucht allmählich, im Laufe einiger Jahre, ein immer geſunderes pilzreineres Saatgut zu erhalten. Wäre es thunlich mit einem Male die Erziehung der Kartoffeln aus geſunden Samen überall ausnahmslos an die Stelle der Zucht aus Knollen zu ſetzen, ſo würde gewiß der Krankheit mit einem Male ein Stillſtand geboten ſein. Es iſt dies aber aus vielen allgemein bekannten Gründen

unausführbar und die wenigen Versuche Samenpflanzen neben den unzähligen den Pilz conservirenden Vermehrungen aus Knollen zu erziehen haben sich, wie die Erfahrung lehrt, als an sich werthlos erwiesen. Die Reinigung von dem Pilz, wenn ich so sagen darf, kann aber wie ich glaube auf eine andere Weise allmählich geschehen. Man bestimme ein kleines, geeignetes, leicht zu beaufsichtigendes Stück Feld, welches durch seine Lage vor dem etwa anstekkenden Einfluß anderer Kartoffeläcker möglichst geschützt ist, ausschließlich zur Erziehung von Saatgut, bestelle es mit gutem Samen oder mit genau durchgemusterten und ausgesuchten Knollen der gewählten Sorte, halte die heranwachsenden Pflanzen unter möglichst strenger, nicht den Dienstleuten zu überlassenden Controle, und suche durch sofortiges Entfernen der ersten braunfleckigen Blätter die Verbreitung der Peronospora möglichst zu hintertreiben. Die geernteten Knollen mustere man wiederum genau, entferne alle etwa braunfleckigen oder verdächtigen und verwende nur die ausgesuchtesten zum Wiederpflanzen. So fortfahrend wird man in Kurzem, vielleicht in 2 bis 3 Jahren einen auch zur Bestellung großer Güter hinreichenden Vorrath gesunder Saatkartoffeln erlangen und solchen sich durch fortgesetzte sorgfältige Auswahl und Zucht erhalten können. Je allgemeiner solches Verfahren angewendet, je schneller dadurch die Anzahl kranker, ihre Nachbargegend ansteckender Felder vermindert wird, desto rascher wird die Krankheit seltener und unbedeutend werden. Ich verkenne nicht, daß der angegebene Weg ein mühsamer und umständlicher ist, halte ihn aber, der Natur der Sache nach, für den einzigen, welcher zum Ziele führen kann und denke es ist schon einiger Mühe werth, dieses Ziel anzustreben. Eine gänzliche Ausrottung des Parasiten wird dabei so wenig je möglich sein als totale Austilgung von Raupen und anderem Ungeziefer, und wie vor diesen wird man vor ihm beständig auf seiner Hut sein müssen. Gerade die Erfahrungen aber, welche man hinsichtlich der letztgenannten Gäste gemacht hat, sind zu zeigen geeignet, wie es durch Sorgfalt und Achtsamkeit möglich sein wird, die Peronospora zu vermindern und in Schranken zu halten.

Schließlich erwähne ich die wichtigsten Schriften, welche theils Untersuchungen theils geschichtliche Angaben über den in Rede stehenden Gegenstand bringen und für die obigen Darstellungen theilweise benutzt worden sind. Eine vollständigere Aufzählung der Litteratur über die Kartoffelkrankheit zu geben würde allzuweit führen. Ich habe ein Verzeichniß von über zweihundert Schriften, Aufsätzen und Journalartikeln über den Gegenstand zusammengetragen und dasselbe ließe sich leicht noch beträchtlich ver-

mehren. Allein die vollständige Mittheilung deſſelben glaube ich unterlaſſen zu ſollen, weil Demjenigen, welcher die hierhergehörige Litteratur vollſtändig verfolgen will, theils in den landwirthſchaftlichen und botaniſchen Journalen, theils in den anzuführenden Schriften hinreichende Ausgangspunkte gegeben ſind; und ganz beſonders deßhalb, weil, um mit des Ausdruckes eines Schriftſtellers der unter den Erſten über unſern Gegenſtand gearbeitet hat zu bedienen, ein großer Theil der auf dieſem Felde aufgeſchoſſenen Saat zu nichts Anderem als zum Unterpflügen geeignet iſt.

v. Martius, Die Kartoffel-Epidemie der letzten Jahre. München 1842. 4⁰ mit 3 Tafeln.

Die Verhandlungen der Pariſer Academie (Comptes rendus hebdomad. des séances de l'Acad. des sciences) ſeit 1845; beſonders die Jahrgänge 1845—47 mit den wichtigen Arbeiten von Payen.

Montagne, Observations sur la maladie des pommes de terre. Journ. l'Institut, 1845 p. 313.

Ehrenberg, in d. Monatsberichten d. Berliner Academie. September u. October 1845.

Morren, Lettres au Rédacteur en chef de l'Indépendance Belge 22., 30. August, 2. u. 9. Sptbr. 19. Octbr. 1845. und:

Instructions populaires sur les moyens de combattre et de détruire la maladie actuelle des pommes de terre. Bruxelles 1845. 12⁰.

Harting, Recherches sur la nature et les causes de la maladie des pommes de terre en 1845. Amsterdam 1846. In den Verhandl. der Amsterd. Academie XII., mit 2 Taf. 4⁰. Im Auszug Annales des sc. natur. 1846 (VI).

Decaisne, Histoire de la maladie des pommes de terre en 1845. Paris 1846. 8⁰.

Focke, Die Krankheit der Kartoffeln im Jahre 1845. Bremen 1846. 4⁰ mit 2 Tafeln.

Münter, Die Krankheiten der Kartoffeln, insbesondere die 1845 pandemisch herrschende nasse Fäule. Berlin 1846. 8⁰. mit 1 Tafel.

Unger, Beitrag zur Kenntniss der in der Kartoffelkrankheit vorkommenden Pilze und der Ursache ihrer Entstehung. In v. Mohl u. v. Schlechtendal's Botan. Zeitung 1847 p. 305, Taf. VI.

Caspary, über den Pilz, welcher die Kartoffelkrankheit veranlasst. Verhandl. d. Section f. Botanik der Versamml. deutscher Naturforscher zu Göttingen. Sptbr. 1854. (S. Flora, 1854, No. 41.)

Schacht, Bericht an das k. Landesöconomiecollegium über die

Kartoffelpflanze u. deren Krankheiten. Berlin 1856. gr. 4° mit 10 Tafeln.

Speerschneider, Das Faulen der Kartoffelknollen etc. Flora 1857, No. 6. u. Botan. Zeitung 1857, p. 121.

v. Holle, über den Kartoffelpilz. Botan. Zeitung 1858, pag. 37.

Hoffmann, Mycologische Studien über die Gährung. Botan. Zeitung 1860, pag. 41.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind nach mikroskopischen Präparaten gezeichnet. Fig. 1 170mal, 2 und 11 gegen 200mal, 3 300fach, die übrigen 400fach vergrößert.

Fig. 1. Durchschnitt durch ein Blättchen der Kartoffelpflanze, in dessen noch grünem Parenchym das Mycelium (m) der Peronospora wuchert. o die Oberhaut der obern, u der untern Blattfläche. s Spaltöffnung, aus welcher ein junger Fruchtzweig eben hervortritt. a Athemhöhle.

Fig. 2. Die Außenfläche eines flach ausgebreiteten Oberhautstückchens von der unteren Blattseite, mit wellig gebogenen Seitenwänden der Oberhautzellen und 2 Spaltöffnungen (s) aus welchen je ein junger, verzweigter Fruchtast der Peronospora hervortritt; a die innerhalb der Spaltöffnung befindliche, aus dem Blattgewebe gerissene Basis des einen Fruchtzweigs, der mit einem anderen abgerissenen von einem dünnen Myceliumfaden entspringt.

Fig. 3. Ende eines Fruchtzweiges ein reifes Sporangium tragend.

Fig. 4. Sporangium nach zweistündigem Liegen im Wasser. Inhalt in 6 Portionen = Zoosporen getheilt, von denen bei der Lage des Präparats 2 verdeckt sind.

Fig. 5. a Größeres Sporangium nach vollendeter Theilung. Es enthält 10 Sporen, von denen 5 sichtbar sind. b Entleerung der Schwärmsporen aus demselben.

Fig. 6. Schwärmende Spore von vorn und von der Seite gesehen.

Fig. 7. Zu Ruhe gekommene Spore und verschiedene Stadien der im Wasser auf Glasplatten erfolgten Keimung. Entwicklungsfolge nach den Buchstaben a—f.

Fig. 8. Querschnitt durch ein gesundes Stück Kartoffelstengel, auf dessen Oberfläche Sporangien gesät waren, 17 Stunden nach der Aussaat. o—o Oberhaut, in welche 2 Keimschläuche der Peronospora eingedrungen sind, der eine a in die Oberhautzelle, der

andere b, welcher durch den braun gewordenen Inhalt der Oberhautzelle etwas verdeckt ist, bereits bis zur dritten Zellenschicht.

Fig. 9. Ein secundäres Sporangium (b) aus dem Sporangium a gebildet.

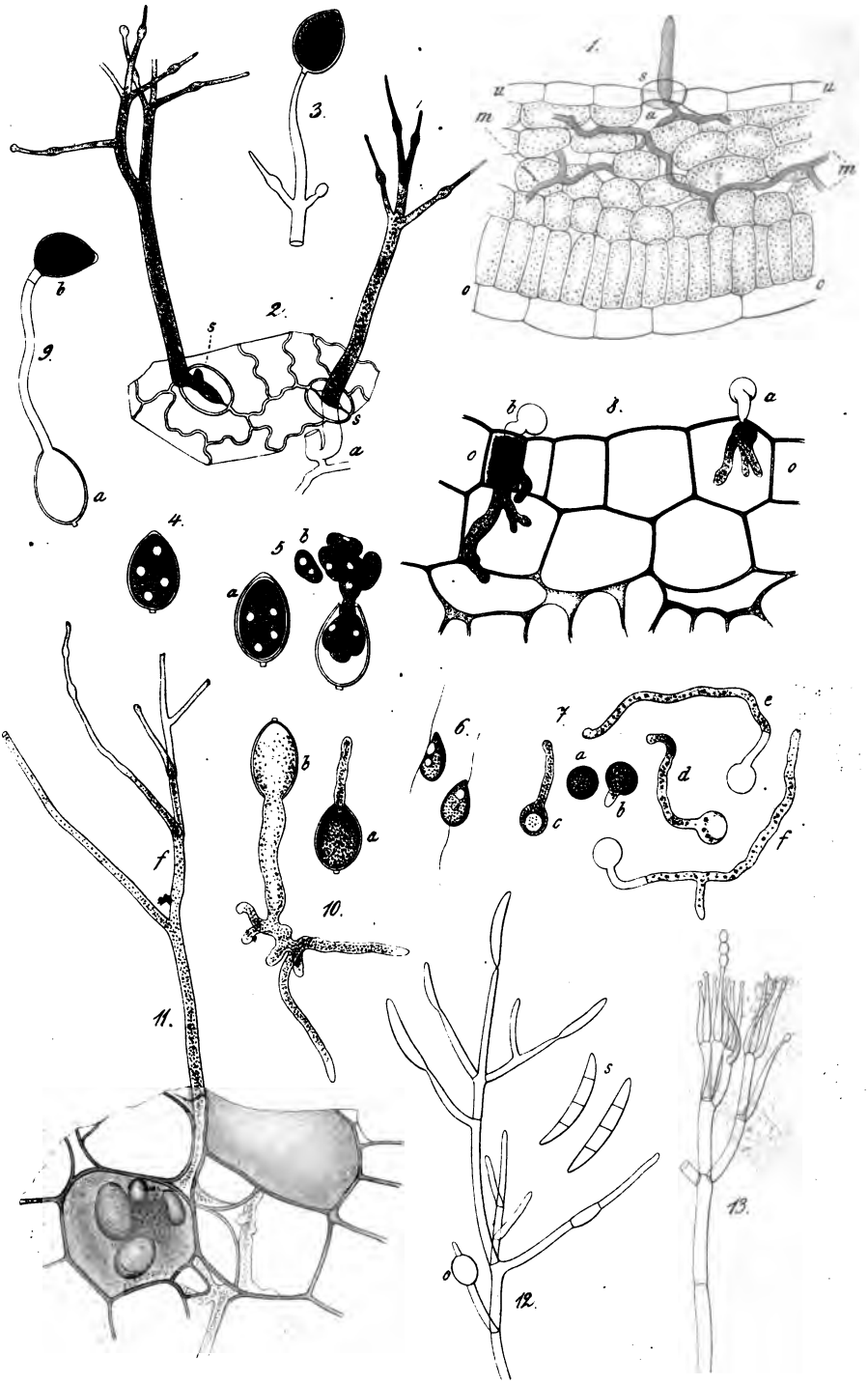
Fig. 10. Sporangien welche direkt einen einfachen (a) und einen verzweigten (b) Schlauch treiben.

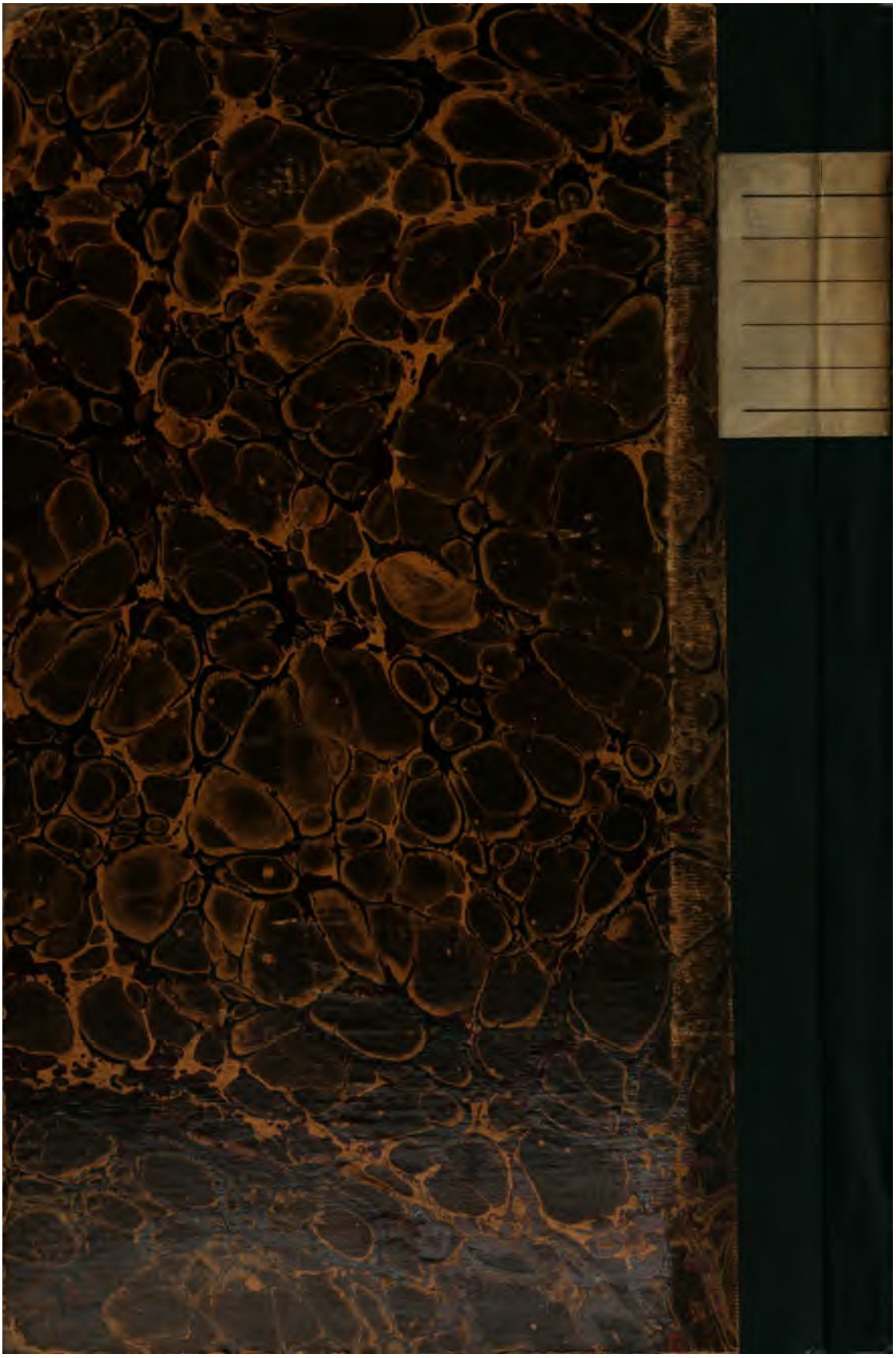
Fig. 11. Durchschnitt von der Oberfläche eines kranken Kartoffelstückes, welches 30 Stunden unter Glasglocke in feuchter Luft gelegen hatte. Zwischen den braunen Zellen des kranken Gewebes Mycelium der Peronospora, welches auf der Oberfläche einen starken Fruchtzweig (f) getrieben hat.

Fig. 12. Fructificirender Zweig des Fusisporium Solani mit unreifen Fortpflanzungszellen an den Aestenden; o eine eiförmig angeschwollene Zelle, wie solche öfters vorkommen und unter dem Namen Oidium beschrieben worden sind; s reife Sporenreihen.

Fig. 13. Fruchtast der Spicaria Solani. Eines der Zweigenden mit einer kurzen Sporenkette; an den übrigen sind diese abgelöst.

Druck von C. P. Melzer in Leipzig.



de Bary gez.

C.F. Schmidt